

(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9月3日 (03.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/173292 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01Q 1/22 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/074578
- (22) 国际申请日: 2020年2月10日 (10.02.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910146577.6 2019年2月27日 (27.02.2019) CN
201910614002.2 2019年7月8日 (08.07.2019) CN
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

- (72) 发明人: 王岩 (WANG, Yan); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 李建铭 (LEE, Chien-Ming); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 王吉康 (WANG, Jikang); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 尤佳庆 (YOU, Jiaqing); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 王汉阳 (WANG, Hanyang); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (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,

(54) Title: ANTENNA APPARATUS AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 天线装置及电子设备

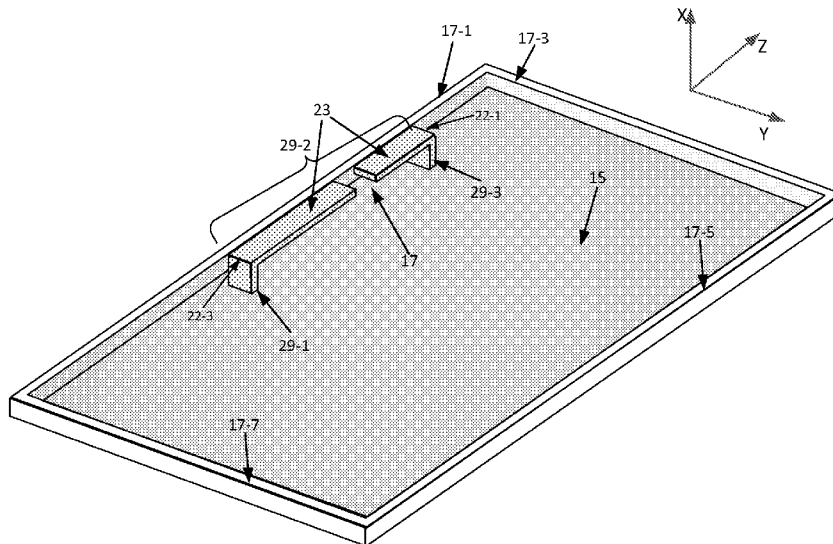


图 2A

(57) Abstract: According to an antenna solution provided in the present application, an excitation unit is fed by means of providing the excitation unit on a floor of an electronic device (such as a mobile phone), so as to effectively excite the floor to generate radiation. In this way, since the radiation ability of a floor is not affected by the magnitude of clearance between a display screen and the floor, the antenna solution provided in the present application can be applied to an electronic device with a full screen and dramatically decreased antenna space. In addition, a floor serves as one of the main radiation apertures of an electronic device (such as a mobile phone), and exciting the floor to generate radiation can significantly improve the antenna performance.



WO 2020/173292 A1

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, 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, 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))。

(57) 摘要: 本申请提供的天线方案, 通过在电子设备(如手机)的地板上方架设激励单元, 对该激励单元馈电, 来有效激励起地板产生辐射。这样, 因地板的辐射能力不受显示屏和地板之间的净空大小影响, 本申请提供的天线方案可适用全面屏这种天线空间被急剧缩减的电子设备。另外, 地板作为电子设备(如手机)的主要的辐射口径之一, 激励地板产生辐射可以显著提升天线性能。

天线装置及电子设备

本申请要求在2019年2月27日提交中国国家知识产权局、申请号为201910146577.6、发明名称为“一种地板辐射天线方案”的中国专利申请的优先权，在2019年7月8日提交中国国家知识产权局、申请号为201910614002.2、发明名称为“天线装置及电子设备”的中国专利申请的优先权其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及天线技术领域，特别涉及应用在电子设备中的天线装置。

背景技术

为了给用户带来更为舒适的视觉感受，全面屏工业设计（industry design, ID）已成为手机等便携式电子设备的设计趋势。全面屏意味着极大的屏占比（通常在90%以上）。全面屏的边框宽度大幅缩减，需要对手机内部器件，如前置摄像头、受话器、指纹识别器、天线等，进行重新布局。尤其对于天线设计来说，净空区域缩减，天线空间进一步被压缩。而天线的尺寸、带宽、效率是相互关联、相互影响的，减小天线尺寸（空间），天线的效率带宽积（efficiency-bandwidth product）势必减小。因此，全面屏ID给手机的天线设计带来了极大的挑战。

现有手机等电子设备中常用的天线设计形式可以为平面倒F（planer inverted F）天线、倒F（inverted F）天线、单极子（monopole）天线、T型天线、环型（loop）天线等。这些天线设计，其天线长度至少要满足低频波长的四分之一到二分之一，对天线空间要求较高。

如何在有限空间内设计天线又能满足天线性能要求，为业界的研究方向。

发明内容

本发明实施例提供了一种天线装置及电子设备，可有效激励起地板产生辐射，因地板的辐射能力不受显示屏和地板之间的净空大小影响，可适用全面屏这种天线空间被急剧缩减的电子设备。

第一方面，本申请提供了一种天线装置，如图2A-图2F所示，该天线装置可以包括：电子设备的地板15、激励单元23。其中：

地板15包括相对的第一边（如侧边21-1）和第二边（如侧边21-5），以及相对的第三边（如底边21-7）和第四边（如顶边21-3）。

激励单元23可具有第一枝节29-2和两个第二枝节（29-1、29-3）。第二枝节29-1和第二枝节29-3可分别连接在第一枝节29-2的两端。第二枝节29-1远离第一枝节29-2的一端连接地板15，第二枝节29-3远离第一枝节29-2的一端连接地板15。第二枝节29-1和第二枝节29-3可用于将第一枝节29-2架设于地板15上，第一枝节29-2与地板15之间形成空隙。

激励单元23可以邻近地板15的第一边架设于地板15上。这里，该邻近可以是指激励单元23和第一边之间的距离小于特定距离，如4毫米。不限于4毫米，该特定距离还可以为3毫米、2毫米、1毫米等数值。此时，激励单元23到第一边的距离L1，小于，激励单元23到第二边的

距离L2。

激励单元23的第一端到第三边的距离p1,和,激励单元23的第二端到第四边的距离p2,之间的差值小于第一值,如15毫米。不限于15毫米,第一值还可以为12毫米、20毫米等数值。第一端为激励单元23的靠近第三边的一端,第二端为激励单元23的靠近第四边的一端。

激励单元23上可设置有馈电端口27,信号源位于馈电端口27中。激励单元23的第一枝节29-2上可开设有第一缝隙,第一缝隙两侧的两部分第一枝节之间可串联第一电容。第一电容可用于实现激励单元23上分布的同向电流。

可以看出,第一方面提供的天线装置,通过在电子设备(如手机)的地板上方架设激励单元,对该激励单元馈电,来有效激励起地板产生辐射。这样,因地板的辐射能力不受显示屏和地板之间的净空大小影响,本申请提供的天线方案可适用全面屏这种天线空间被急剧缩减的电子设备。另外,地板作为电子设备(如手机)的主要的辐射口径之一,激励地板产生辐射可以显著提升天线性能。

结合第一方面,在一些实施例中,激励单元23可以平行于地板15的第一边(如侧边21-1),或者,激励单元23和地板15的第一边(如侧边21-1)之间可以呈现较小的夹角,即二者之间可以接近平行。该较小的夹角可以小于第一角度,如 5° 。不限于 5° ,第一角度还可以是 3° 、 7° 等角度。此时,激励单元23和第一边之间的夹角 α ,小于,激励单元23和第三边之间的夹角 β 。激励单元23可以平行于地板15的第一边,即夹角 α 等于 0° ,此时激励单元23可以激励起地板15在第一边处产生更强的电流,激励单元23更容易激励起地板15产生谐振。

结合第一方面,在一些实施例中,第一缝隙可以开设于第一枝节29-2的中间,这样激励单元23上的同向电流更强,更容易激励起地板15产生辐射。第一电容可以是集总电容,或者分布式电容(例如在激励单元23上开设缝隙所形成的分布式电容)。

结合第一方面,在一些实施例中,馈电端口27处的馈电形式可以包括但不限于下述两种方式:

在一种实现方式中,如图2E所示,馈电端口27可具体设置在第一枝节29-2上,具体可通过在第一枝节29-2上开设缝隙1来实现。缝隙1把第一枝节29-2分成两部分(29-2-A、29-2-B),第一枝节29-2-A、第一枝节29-2-B之间可串联信号源。

在另一种实现方式中,如图2F所示,馈电端口27可具体设置在第二枝节29-1或第二枝节29-3上,具体可通过在第二枝节上开设缝隙2来实现。图2F中串联的电感L可用来实现阻抗匹配,后续内容中会介绍馈电端处集成的匹配网络,这里先不赘述。

结合第一方面,在一些实施例中,第一枝节29-2可以是水平枝节,平行于地板15。可选的,第二枝节29-1、第二枝节29-3可以是垂直枝节,垂直于地板15,用于将第一枝节29-2悬空架设于地板15上。

结合第一方面,在一些实施例中,激励单元23可平行于第一边,此时夹角 $\alpha=0$ 、夹角 $\beta=90^\circ$,此时激励单元23更容易激励起地板15产生辐射。

结合第一方面,在一些实施例中,激励单元23可架设于地板的第一边处,此时L1等于0,此时激励单元23更容易激励起地板15产生辐射。也即是说,激励单元23离第一边越近,越容易激励起地板15产生辐射。

结合第一方面,在一些实施例中,距离p1和距离p2可以相等,都等于 $(Lg - Le) / 2$ 。此时,激励单元23可邻近第一边架设于地板的中间,激励单元23更容易激励地板15产生谐

振。

结合第一方面，在一些实施例中，馈电端口处集成有匹配网络可包括电容C和电感L，该电容C串联于馈电端口，该电感L并联于馈电端口。该电容C可以称为第二电容，该电感L可以称为第一电感。

结合第一方面，在一些实施例中，本申请提供的天线装置还可实现双频段或宽频带或多频段，可以通过匹配网络或者增加更多的磁环来实现。下面展开说明。

1. 基于匹配网络的双频段天线方案

为了实现双频段匹配，匹配网络可以为在串联电容C1之后，串联一个LC并联电路（由并联的L2和C2构成），最后再并联电感L2。即，馈电端口处集成的匹配网络可包括：串联电容C1、LC并联电路、电感L2，电容C1、LC并联电路一次串联于馈电端口，电感L2并联于馈电端口。电容C1可以称为第三电容，电感L2可以称为第二电感，LC并联电路中的电容C2可以称为第四电容，LC并联电路中的电感L2可以称为第三电感。可选的，双频段可以是低频段（如800MHz处）和GPS L1频段（1.5GHz处），针对该双频段的匹配网络的配置可以如下：C1=1pF，L1=6nH，C2=2.2pF，L2=4.5nH。

2. 基于多磁环的双频段或宽频带或多频段天线方案

为了实现双频段或宽频带，可以在地板15上架设一个寄生单元（又可称为寄生磁环）。也即是说，本申请提供的天线装置还可以进一步包括寄生单元。在地板15上，和激励单元23相同，该寄生单元可架设于地板的第一边（如侧边21-1）附近。这里，附近可以是指寄生单元与地板的第一边（如侧边21-1）之间的距离小于特定距离（如4毫米）。此时，寄生单元到地板的第一边的距离L3，小于，寄生单元到地板的第二边的距离L4。

激励单元23在激励起地板15产生辐射的同时，地板15会耦合该寄生单元产生辐射，从而可实现双频段辐射。

在一些实施例中，寄生单元的结构和激励单元23的结构可以相同。寄生单元可具有第三枝节和两个第四枝节。第三枝节类似激励单元23中的第一枝节29-2，第四枝节类似激励单元23中的第二枝节29-1、29-3。类似激励单元23的结构，寄生单元中的两个第四枝节可分别连接在第三枝节的两端。第四枝节远离第一枝节的一端连接地板15。两个第四枝节可用于将第三枝节架设于地板15上，以使第三枝节与地板15形成空隙。和激励单元23一样，该寄生单元上可串联电容。该电容可以称为第五电容。为了串联第五电容，可以在第三枝节上开设缝隙，该缝隙两侧的两部分第三枝节之间可以串联第五电容。该缝隙可以称为第二缝隙。

不限于和激励单元23结构相同的寄生磁环，为了实现多频段或宽频带，寄生单元还可以是其他天线，如支架天线、悬浮天线等。支架天线可以包括IFA天线、ILA天线等。

结合第一方面，在一些实施例中，为了实现MIMO，本申请提供的天线装置可以包括多个天线单元，一个天线单元可具有一个激励单元23，或者可具有一个激励单元23和M（M是正整数）个寄生单元。这多个天线单元可以设置于地板15的各个边的附近。即，在一个天线单元中，激励单元23邻近于地板的边缘架设，寄生单元也邻近于地板的边缘架设。

第二方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括非金属后盖，以及上述第一方面描述的天线装置。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对本申请实施例中所需要使用的

附图进行说明。

- 图 1 是电子设备内部环境的示意图；
- 图 2A 为本申请提供的天线装置的整体模型示意图；
- 图 2B 为本申请提供的天线结构在 X-Z 平面的平面视图；
- 图 2C 为本申请提供的天线结构中的环状激励单元的细节视图；
- 图 2D 为本申请提供的天线结构中的馈电端口处的馈电形式的示意图；
- 图 2E 为本申请提供的天线装置的一种馈电形式的示意图；
- 图 2F 为本申请提供的天线装置的另一种馈电形式的示意图；
- 图 3A 为本申请提供的天线结构在几种匹配网络下的 S11 仿真示意图；
- 图 3B 为本申请提供的天线结构在几种匹配网络下的效率仿真图；
- 图 3C 为本申请提供的天线结构的一种匹配网络的示意图；
- 图 4A 为本申请提供的天线结构的仿真的矢量电流分布图；
- 图 4B 为本申请提供的天线结构工作在 900MHz 处的三位辐射方向图的前视图；
- 图 4C 为本申请提供的天线结构工作在 900MHz 处的三位辐射方向图的俯视图；
- 图 5A 为本申请提供的天线结构在整机模型中的应用示意图；
- 图 5B 为本申请提供的天线结构在几种 p 值下的 S11 仿真示意图；
- 图 5C 为本申请提供的天线结构在几种 p 值下的效率仿真示意图；
- 图 6A 为本申请提供的天线结构在几种 Le 值下的 S11 仿真示意图；
- 图 6B 为本申请提供的天线结构在几种 Le 值下的效率仿真示意图；
- 图 7A 为本申请提供的天线结构在几种 h 值下的 S11 仿真示意图；
- 图 7B 为本申请提供的天线结构在几种 h 值下的效率仿真示意图；
- 图 8A 为本申请提供的天线结构在几种 w 值下的 S11 仿真示意图；
- 图 8B 为本申请提供的天线结构在几种 w 值下的效率仿真示意图；
- 图 9A 为本申请提供的天线结构在 d=4mm,w=2mm 时的 S11 仿真示意图；
- 图 9B 为本申请提供的天线结构在 d=0mm,w=2mm 时的效率仿真示意图；
- 图 10A 为本申请提供的天线结构在几种 p 值下的 S11 仿真示意图；
- 图 10B 为本申请提供的天线结构在几种 p 值下的效率仿真示意图；
- 图 10C 为本申请提供的天线结构在几种 p 值下的天线辐射方向图；
- 图 11A 为本申请提供的天线结构在几种 Lg 值下的 S11 仿真示意图；
- 图 11B 为本申请提供的天线结构在几种 Lg 值下的效率仿真示意图；
- 图 11C 为本申请提供的天线结构在几种 Wg 值下的 S11 仿真示意图；
- 图 11D 为本申请提供的天线结构在几种 Wg 值下的效率仿真示意图；
- 图 12A 为实现双频段的匹配网络的示意图；
- 图 12B 为本申请提供的天线结构配置有图 12A 所示的匹配网络时的 S11 仿真图；
- 图 13A 为一种基于多磁环的多频段或宽频带天线结构的示意图；
- 图 13B 为图 13A 所示的天线结构的鸟瞰简化图；
- 图 13C 为图 13A 所示的天线结构在两种匹配网络参数下的 S11 仿真图；
- 图 13D 为图 13A 所示的天线结构在两种匹配网络参数下的效率仿真图；
- 图 14 为另一种基于多磁环的多频段或宽频带天线结构的示意图；
- 图 15A 为本申请中的激励单元和寄生单元在地板上的一种布局示意图；

图 15B 为本申请中的激励单元和寄生单元在地板上的另一种布局示意图；
图 16 为实现 MIMO 的励单元和寄生单元在地板上的布局示意图；
图 17A 示出了 IFA 作为寄生单元的天线装置的示意图；
图 17B 示出了 ILA 作为寄生单元的天线装置的示意图；
图 17C 示出了悬浮天线作为寄生单元的天线装置的示意图。

具体实施方式

下面结合本发明实施例中的附图对本发明实施例进行描述。

本申请提供的技术方案适用于采用以下一种或多种通信技术的电子设备：蓝牙 (bluetooth, BT) 通信技术、全球定位系统 (global positioning system, GPS) 通信技术、无线保真 (wireless fidelity, Wi-Fi) 通信技术、全球移动通讯系统 (global system for mobile communications, GSM) 通信技术、宽频码分多址 (wideband code division multiple access, WCDMA) 通信技术、长期演进 (long term evolution, LTE) 通信技术、5G 通信技术、SUB-6G 通信技术以及未来其他通信技术等。本申请中，电子设备可以是手机、平板电脑、个人数码助理 (personal digital assistant, PDA) 等等。

图 1 示例性示出了本申请提供的天线设计方案所基于的电子设备内部环境。如图 1 所示，电子设备 10 可包括：显示屏 11、印刷电路板 PCB13、地板 15、边框 17 和后盖 19。显示屏 11、印刷电路板 PCB13、地板 15 和后盖 19 可以分别设置于不同的层，这些层可以相互平行，各层所在的平面可以称为 X-Z 平面，垂直于 X-Z 平面的方向为 Y 方向。也即是说，显示屏 11、印刷电路板 PCB13、地板 15 和后盖 19 可以在 Y 方向上分层分布。

其中，印刷电路板 PCB13 可以采用 FR-4 介质板，也可以采用罗杰斯 (Rogers) 介质板，也可以采用 Rogers 和 FR-4 的混合介质板，等等。这里，FR-4 是一种耐燃材料等级的代号，Rogers 介质板一种高频板。

其中，后盖 19 是非导电材料制成的后盖，如玻璃后盖、塑料后盖等非金属后盖。

其中，地板 15 接地，可设置于印刷电路板 PCB13 与后盖 19 之间。地板 15 又可以称为 PCB 底板。具体的，地板 15 可以是蚀刻在 PCB13 表面的一层金属，这层金属还可以通过一系列金属弹片接在金属中框 (未示出) 上，跟金属中框成为一体。地板 15 可用于印刷电路板 PCB13 上承载的电子元件接地。具体的，印刷电路板 PCB13 上承载的电子元件可以通过接线到地板 15 来实现接地，以防止用户触电或设备损坏。

其中，边框 17 可以环设于地板 15 的边缘，可以从侧边包覆后盖 19 与显示屏 11 之间的印刷电路板 PCB13、地板 15，以达到防尘、防水的目的。边框 17 可以是金属边框，也可以是非金属边框。边框 17 可以包括：电子设备 10 顶部的边框 (可称为顶部边框) 27-3，电子设备 10 底部的边框 (可称为底部边框) 27-7，以及电子设备 10 侧边的边框 (可称为侧边边框) 27-1 和 27-5。电子设备 10 顶部可设置有前置摄像头 (未示出)、听筒 (未示出)、接近光传感器 (未示出) 以及环境光传感器 (未示出) 等。电子设备 10 底部可设置有 USB 充电接口 (未示出)、麦克风 (未示出) 等。电子设备 10 侧边可设置有音量调节按键 (未示出)、电源键 (未示出)。

图 1 仅示意性的示出了电子设备 10 包括的各个部分，各个部分的实际形状、实际大小和实际构造不受图 1 限定。电子设备 10 的显示屏 11 可以是尺寸大显示屏，屏占比可以达到 90% 以上。

基于图 1 所示的电子设备内部环境, 本申请将提供基于磁环馈电的地板辐射天线方案。本申请提供的天线方案, 通过在地板 15 上方架设激励单元, 对该激励单元馈电, 来有效激励起地板 15 产生辐射。这样, 因地板 15 的辐射能力不受显示屏 11 和地板 15 之间的净空大小影响, 本申请提供的天线方案可适用全面屏 ID 这种天线空间被急剧缩减的电子设备。另外, 地板 15 作为电子设备 10 的主要的辐射口径之一, 激励地板 15 产生辐射可以显著提升天线性能。

图 2A-图 2C 示出了本申请提供的天线装置。其中, 图 2A 为该天线装置的整体模型示意图, 图 2B 为该天线结构在 X-Z 平面的平面视图, 图 2C 为该天线结构中的环状激励单元的细节视图。如图 2A-图 2C 所示, 该天线装置可包括地板 (ground plane) 15、激励单元 (exciting element) 23。其中:

地板 15 可以具有相对的侧边 21-1 和侧边 21-5, 以及相对的顶边 21-3 和底边 21-7。地板 15 这几个边分别紧接着边框 17 的几个边框。具体的, 侧边 21-1 紧接着侧边边框 17-1、顶边 21-3 紧接着顶部边框 17-3、侧边 21-5 紧接着侧边边框 17-5、底边 21-7 紧接着底部边框 17-7。可选的, 地板 15 可以为矩形, 侧边 21-1 和侧边 21-5 可为两个相对的长边, 顶边 21-3 和底边 21-7 可以为两个相对的短边。

激励单元 23 可以邻近地板 15 的某条边架设于地板 15 上。该条边可以称为地板 15 的第一边。这里, 该邻近可以是指激励单元 23 和地板 15 的第一边之间的距离小于特定距离, 如 4 毫米。激励单元 23 离与地板 15 的第一边之间的距离越小, 越容易激励起地板 15 产生辐射, 后续内容会进行分析, 这里先不赘述。可选的, 地板 15 的第一边可以是地板 15 的长边。

激励单元 23 可以平行于地板 15 的第一边, 或者, 激励单元 23 和地板 15 的第一边之间也可以呈现较小的夹角。即激励单元 23 和第一边之间可以平行或者接近平行。该较小的夹角可以小于第一角度, 如 5° 。不限于 5° , 第一角度还可以是 3° 、 7° 等角度。

激励单元 23 可具有第一枝节 29-2 和两个第二枝节 (29-1、29-3)。第二枝节 29-1 和第二枝节 29-3 可分别连接在第一枝节 29-2 的两端。第一枝节 29-2 的两端可以包括靠近顶边 21-3 的一端 22-1 和靠近底边 21-7 的一端 22-3。第二枝节 29-1 远离第一枝节 29-2 的一端连接地板 15, 第二枝节 29-3 远离第一枝节 29-2 的一端连接地板 15。第二枝节 29-1 和第二枝节 29-3 可用于将第一枝节 29-2 架设于地板 15 上, 第一枝节 29-2 与地板 15 之间形成空隙, 即第一枝节 29-2 不接触地板 15。可选的, 第一枝节 29-2 可以是水平枝节, 平行于地板 15。可选的, 第二枝节 29-1、第二枝节 29-3 可以是垂直枝节, 垂直于地板 15, 用于将第一枝节 29-2 悬空架设于地板 15 上。

图 2B 和图 2C 还示例性示出了地板 15 的尺寸、激励单元 23 的尺寸, 以及激励单元 23 在地板 15 上的位置。具体的, 地板 15 的长度 L_g 可以是 140 毫米, 地板 15 的宽度 W_g 可以是 70 毫米。这里, 地板 15 的宽度 W_g 即地板 15 的短边 (如图 2B 中的 21-3、21-7) 的长度, 地板 15 的长度 L_g 即地板 15 的长边 (如图 2B 中的 21-1、21-5) 的长度。激励单元 23 的长度 L_e 可以是 40 毫米, 激励单元 23 的高度 h 可以是 4 毫米。这里, 激励单元 23 的长度 L_e 即第一枝节 29-2 的长度, 激励单元 23 的高度 h 即第二枝节的长度。激励单元 23 和地板 15 的第一边 (如侧边 21-1) 的之间的距离 w 可以为 2 毫米, 激励单元 23 的一端 22-3 与地板 15 的底边 21-7 之间的距离 p 可以为 50 毫米。不限于附图所示, L_g 、 W_g 、 L_e 、 h 、 w 、 p 还可以为其他值, 后面内容中将详细介绍其值对天线性能的影响。

如图 2D 所示, 激励单元 23 上可设置有馈电端口 27, 信号源位于馈电端口 27 中。在一种实现方式中, 如图 2E 所示, 馈电端口 27 可具体设置在第一枝节 29-2 上, 具体可通过在第一枝节 29-2 上开设缝隙 1 来实现。缝隙 1 把第一枝节 29-2 分成两部分 (29-2-A、29-2-B), 第一枝节 29-2-A、第一枝节 29-2-B 之间可串联信号源。在另一种实现方式中, 如图 2F 所示, 馈电端口 27 可具体设置在第二枝节 29-1 或第二枝节 29-3 上, 具体可通过在第二枝节上开设缝隙 2 来实现。图 2F 中串联的电感 L 可用来实现阻抗匹配, 后续内容中会介绍馈电端口处集成的匹配网络, 这里先不赘述。

如图 2D 所示, 激励单元 23 上还可串联有电容 C1, 电容 C1 可称为第一电容。第一电容可用于实现激励单元 23 上分布的同向电流。为了串联第一电容, 如图 2E 和图 2F 所示, 第一枝节 29-2 上可开设有缝隙 1。缝隙 1 可把第一枝节 29-2 分成两个部分 (29-2-A、29-2-B), 第一枝节 29-2-A、第一枝节 29-2-B 之间可串联第一电容。第一电容所处的缝隙 1 可以称为第一缝隙。可选的, 第一缝隙可以开设于第一枝节 29-2 的中间, 这样激励单元 23 上的同向电流更强, 更容易激励起地板 15 产生辐射。第一电容可以是集总电容, 或者分布式电容 (例如在激励单元 23 上开设缝隙所形成的分布式电容)。

在一种实施例中, 如图 2E 所示, 激励单元 23 上可以仅开设一个缝隙, 如缝隙 1, 在缝隙 1 中, 第一电容和信号源可组成串联电路, 然后该串联电路可以整体串联在缝隙 1 两侧的两部分第一枝节 (即第一枝节 29-2-A、第一枝节 29-2-B) 之间。也即是说, 第一电容所处的缝隙和馈电端口所处的缝隙可以是同一个缝隙, 不限于此, 第一电容所处的缝隙和馈电端口所处的缝隙也可以是两个不同的缝隙。

馈电端口 27 处可集成有匹配网络, 该匹配网络可以用于 (通过调节天线发射系数、阻抗等) 调节本申请提供的天线装置所覆盖的频段范围。该匹配网络可包括阻抗变换线或集总元件网络等各种能够实现阻抗匹配的结构。集总元件可包括电容或电感等元件。具体的, 可以通过改变阻抗变换线的线宽、改变集总元件网络中元器件的电特性参数 (如电容值、电感值等), 调整天线输入阻抗, 从而实现阻抗匹配。

下面说明激励单元 23 的匹配原理。当没有使用任何匹配元件 (即没有匹配网络) 时, 输入阻抗在期望频段 (如 690MHz-960MHz) 主要位于感性区域。此时, 该天线装置的 S11 仿真可如图 3A 中的曲线 a1 所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 3B 中的曲线 b1、c1 所示。当在馈电端口处仅串联电容 C (如 $C=1\text{pF}$) 时, 输入阻抗在期望频段 (如 690MHz-2700MHz) 表现为: 在低频段 (如 690MHz-960MHz) 位于容性区域、在高频段 (如 1700MHz-2700MHz) 位于感性区域。此时该天线装置的 S11 仿真可如图 3A 中的曲线 a2 所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 3B 中的曲线 b2、c2 所示。如图 3C 所示, 当馈电端口处的匹配网络为先串联电容 C (如 $C=1\text{pF}$) 再并联电感 L (如 $L=4.5\text{nH}$) 时, 该天线装置的 S11 仿真可如图 3A 中的曲线 a3 所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 3B 中的曲线 b3、c3 所示。

可以看出, 曲线 a1 没有谐振, 曲线 a2 有一个较浅的谐振, 曲线 a3 有一个较深的谐振。另外, 曲线 b3 表示的天线效率也明显优于曲线 b1、b2 表示的天线效率。也即是说, 可以通过在馈电端口处先串联电容 C 再并联电感 L 来对激励单元 23 进行良好的阻抗匹配, 使得激励单元 23 可有效激励起地板 15 产生辐射。即, 馈电端口处集成有匹配网络可包括电容 C 和电感 L, 该电容 C 串联于馈电端口, 该电感 L 并联于馈电端口。该电容 C 可以称为第二电容, 该电感 L 可以称为第一电感。

下面以 900MHz 工作频段为例说明本申请提供的天线装置的工作原理。假设馈电端口处集成的匹配网络为先串联一个 1pF 的电容，再并联一个 4.5nH 的电感。本申请提供的天线装置工作在 900MHz 处的电流分布可以如图 4A 所示，激励单元 23 上分布有同向电流 31，分布在环状的激励单元 23 上的同向电流 31 可等效为磁流，故激励单元 23 可称为“磁环”。同向电流 31 可以激励起地板 15 产生纵向电流 33，从而激励起地板 15 产生谐振，激励起地板 15 产生辐射。图 4B 和图 4C 分别为本申请提供的天线装置工作在 900MHz 处仿真的三维辐射方向图的前视图、鸟瞰图。如图 4B-图 4C 所示，三维辐射方向图的形状类似于 1/2 波长偶极子的辐射方向图，因地板 15 的电流主要集中在地板 15 的侧边 21-1 一侧，故三维辐射方向图主要向一侧倾斜。

可以看出，通过在地板 15 上方架设激励单元 23，对激励单元 23 馈电，并在馈电端口处设置合适的匹配网络，可有效激励起地板 15 产生辐射。这样，可降低对天线空间的要求，适用全面屏 ID 这种天线空间被急剧缩减的电子设备，而且可以显著提升天线性能。

下面说明本申请提供的天线设计方案在实际整机模型中的应用。

例如，图 5A 所示的激励单元 23 与地板 15 的底边 21-7 之间的距离 p 为激励单元 23 在实际整机模型中的重要参数。假设 $L_g=140$ 毫米， $W_g=70$ 毫米， $L_e=40$ 毫米， $h=4$ 毫米，以 GPS L5 工作频段为例，图 5B 和图 5C 示出了 p 为两种不同取值时天线装置的 S11 仿真、天线效率。其中，当 $p=65$ 毫米时，该天线装置的 S11 仿真可如图 5B 中的曲线 a1 所示，该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 5C 中的曲线 b1、c1 所示。当 $p=45$ 毫米时，该天线装置的 S11 仿真可如图 5C 中的曲线 a2 所示，该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 5C 中的曲线 b2、c2 所示。

可以看出， $p=65$ 毫米和 $p=45$ 毫米这两种情况下，S11 仿真的谐振位置、谐振深度基本相同，系统效率峰值都在 -6dB 左右。其实， $p=65$ 毫米时的系统效率略高于 $p=45$ 毫米时的系统效率，后续内容中会分析原因。另外， $p=65$ 毫米时的上半球占比约为 45.18%， $p=65$ 毫米时的上半球占比约为 55.88%。上半球占比越高，天线的纵向向上的辐射更强，即在 Z 向上的辐射更强。

不限于激励单元 23 与地板 15 的底边 21-1 之间的距离 p ，地板 15 的尺寸、激励单元 23 的尺寸，以及激励单元 23 与地板 15 的侧边 21-1 之间的距离 w ，也可以为本申请提供的天线装置在实际整机模型中的重要参数。这些参数的取值会影响天线性能。下面将以单变量为原则（即单个参数改变，其他参数不变）详细说明某个参数对天线性能的影响。

(1) 激励单元 23 的尺寸对天线性能的影响

激励单元 23 的长度 L_e 增加，天线的谐振在更低的频段，谐振深度变深；激励单元 23 的长度 L_e 减小，天线的谐振在更高的频段，谐振深度变浅。

例如，以 900MHz 工作频段为例，图 6A 和图 6B 示出了 L_e 为几种不同取值时天线装置的 S11 仿真、天线效率。其中，当 $L_e=35$ 毫米时，该天线装置的 S11 仿真可如图 6A 中的曲线 a1 所示，该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 6B 中的曲线 b1、c1 所示。当 $L_e=40$ 毫米时，该天线装置的 S11 仿真可如图 6A 中的曲线 a2 所示，该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 6B 中的曲线 b2、c2 所示。当 $L_e=45$ 毫米时，该天线装置的 S11 仿真可如图 6A 中的曲线 a3 所示，该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 6B 中的曲线 b3、c3 所示。

这几种不同 L_e 下的天线性能中， $L_e=45$ 毫米时，该天线装置的谐振频率最低（最接近

850MHz), 谐振深度最深(达到了-8dB)。Le=35毫米时, 该天线装置的谐振频率最高(最接近1GHz), 谐振深度最浅(约-4dB)。可以看出, 随着长度Le从45毫米变短为40毫米、35毫米, 天线的谐振向高频移动, 且谐振深度变浅。

针对因激励单元23的长度Le减小导致谐振变浅的情况, 可以通过减小并联电感来拉深谐振深度。例如, 如图6A和图6B所示, 曲线a4表示Le=35毫米、L=3.5nH时天线装置的S11仿真, 曲线b4、c4表示Le=35毫米、L=3.5nH时天线装置的系统效率、辐射效率。可以看出, 将并联电感L从L=4.5nH减小为L=3.5nH, 可以拉深谐振深度, 从-4dB变为-6dB。

激励单元23的高度h降低, 天线的谐振往高频移动, 谐振深度变浅。

例如, 以900MHz工作频段为例, 图7A和图7B示出了h为几种不同取值时天线装置的S11仿真、天线效率。其中, 当h=4毫米时, 该天线装置的S11仿真可如图7A中的曲线a1所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图7B中的曲线b1、c1所示。当h=3毫米时, 该天线装置的S11仿真可如图7A中的曲线a2所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图7B中的曲线b2、c2所示。当h=2毫米时, 该天线装置的S11仿真可如图7A中的曲线a3所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图7B中的曲线b3、c3所示。

这几种不同h下的天线性能中, h=4毫米时, 该天线装置的谐振频率最低(约900MHz), 谐振深度最深(达到了-7dB)。h=2毫米时, 该天线装置的谐振频率最高(接近1GHz), 谐振深度最浅(约-4dB)。可以看出, 随着高度h从4毫米降低到3毫米、2毫米, 天线的谐振向高频移动, 且谐振深度变浅。

针对因激励单元23的高度h减小导致谐振向高频偏移的情况, 可以通过增大长度Le来使谐振重回低频。例如, 如图7A和图7B所示, 曲线a4表示h=2毫米、Le=(40+10)毫米时天线装置的S11仿真, 曲线b4、c4表示h=2毫米、Le=(40+10)毫米时天线装置的系统效率、辐射效率。可以看出, 将激励单元23的长度从40毫米加长到(40+10)毫米, 可以使得天线谐振重回低频(900MHz), 此时天线的峰值效率仅降低了约0.6dB, 没有明显恶化, 天线带宽也稍微降低了, 天线性能对激励单元23的高度不是非常敏感。

(2) 激励单元23在地板15上的位置对天线性能的影响

激励单元23的位置可以通过两个维度的参数来体现: 激励单元23与地板的第一边(如侧边21-1)之间的距离w、激励单元23与地板的第三边(如底边21-7)之间的距离p。第一边和第三边可以是地板15的相连接的两条边, 二者可以相互垂直。

2-A. 距离w对天线性能的影响

距离w越小, 表示激励单元23越接近地板15的侧边21-1。当w=0毫米时, 表示激励单元23架设于侧边21-1处。距离w越大, 表示是激励单元23沿着Y方向越接近地板15的中间。

减小距离w, 可导致天线的谐振往低频移动, 谐振深度变深; 增大距离w, 可使得天线的谐振往高频移动, 谐振深度变浅。这是因为, 地板15的本征电流由于趋边效应主要集中在地板15的, 当激励单元23向地板15的中间移动(即w变大)时, 激励单元23上的同向电流难以和地板15的本征电流耦合, 从而很难激励起地板15产生辐射。

例如, 以900MHz工作频段为例, 图8A和图8B示出了w为几种不同取值时天线装置的S11仿真、天线效率。图8A和图8B中的d=0毫米(d表示金属边框的高度), 表示地板15的侧边处没有设置金属边框, 即边框27为非金属边框。其中, 当w=0毫米时, 该天线装置的S11仿真可如图8A中的曲线a1所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图8B中

的曲线 b1、c1 所示。当 $w=2$ 毫米时, 该天线装置的 S11 仿真可如图 8A 中的曲线 a2 所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 8B 中的曲线 b2、c2 所示。当 $w=4$ 毫米时, 该天线装置的 S11 仿真可如图 8A 中的曲线 a3 所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 8B 中的曲线 b3、c3 所示。

这几种不同 w 下的天线性能中, $w=0$ 毫米时, 该天线装置的谐振频率最低(约 900MHz), 谐振深度最深(达到了 -6dB)。 $w=4$ 毫米时, 该天线装置的谐振频率最高(接近 1GHz), 谐振深度最浅(约 -3dB)。可以看出, 随着高度 w 从 0 毫米增大到 2 毫米、4 毫米, 天线的谐振向高频移动, 且谐振深度变浅, 系统效率峰值和带宽也明显减小。

另外, 地板 15 的侧边处设置金属边框 (d 不等于 0) 会使得天线的谐振往高频移动, 谐振深度变浅。这是因为, 金属边框可相当于地板 15 的外延, 地板 15 的本征电流由于趋边效应主要集中在该金属边框的, 相当于地板 15 的向外扩张。此时, 天线的系统效率峰值和带宽也会减小。

例如, 以 900MHz 工作频段为例, 如图 9A 和图 9B 所示, 当 $d=4$ 毫米 (d 表示金属边框的高度), $w=2$ 毫米时, 天线装置的 S11 仿真可如图 9A 中的曲线 a3 所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 9B 中的曲线 b3、c3 所示。而 $d=0$ 毫米 (d 表示金属边框的高度), $w=2$ 毫米时, 天线装置的 S11 仿真可如图 9A 中的曲线 a2 所示, 该天线装置的系统效率、辐射效率可如图 9B 中的曲线 b2、c2 所示。可以看出, 在 w 都为 2 毫米的情况下, $d=4$ 毫米时的天线性能明显弱于 $d=0$ 毫米时的天线性能, 谐振向高频移动, 谐振深度变浅, 系统效率峰值和带宽明显减小。

2-B. 距离 p 对天线性能的影响

距离 p 越小, 表示激励单元 23 越接近地板 15 的底边 21-7。距离 p 越大, 表示是激励单元 23 沿着 Z 方向越远离地板 15 的底边 21-7。

假设地板 15 的长度 L_g 为 140 毫米, 激励单元 23 的长度为 40 毫米, 那么, 当 $p=50$ 毫米时, 此时 $p=(L_g - L_e)/2$, 可表示激励单元 23 在 Z 方向上设置于地板 15 的中间。增大 p (例如 $p=50$ 毫米+10 毫米) 或减小 p (例如 $p=50$ 毫米-10 毫米) 会使得激励单元 23 偏离地板 15 的中间, 可导致天线的谐振深度变浅、系统效率峰值和带宽变小。这是因为, 在 Z 方向上的地板 15 的中间, 地板 15 的本征电流最强, 远离该中间的位置处的本征电流变弱。当激励单元 23 在 Z 方向上远离地板 15 的中间时, 激励单元 23 上的同向电流和地板 15 的本征电流耦合变弱, 不容易激励起地板 15 产生辐射, 导致天线性能变差。

例如, 以 900MHz 工作频段为例, 图 10A 和图 10B 示出了 p 为几种不同取值时天线装置的 S11 仿真、天线效率。可以看出, $p=50$ 毫米时, 天线的谐振深度最深, 系统效率峰值和带宽最大; 而 $p=40$ 毫米、 $p=60$ 毫米, 以及 $p=30$ 毫米、 $p=70$ 毫米时, 天线的谐振深度变浅, 系统效率峰值和带宽变小。

另外, 激励单元 23 越接近地板 15 的底边 21-7 (即 p 越小), 天线辐射方向图的上半球占比越大, 天线的纵向向上的辐射更强, 即在 Z 向上的辐射更强。激励单元 23 越远离地板 15 的底边 21-7 (即 p 越大), 天线辐射方向图的上半球占比越小, 天线的纵向向上的辐射更弱, 即在 Z 向上的辐射更弱。

例如, 以 900MHz 工作频段为例, 图 10C 是 p 为几种不同取值时天线装置的天线辐射方向图。如图 10C 所示, $p=50$ 毫米时, 上半球占比为 50%; $p=40$ 毫米时, 上半球占比为 51.9%; $p=30$ 毫米时, 上半球占比为 53.7%; $p=60$ 毫米时, 上半球占比为 48.2%; $p=70$ 毫米时, 上半

球占比为 46.4%。

(3) 地板 15 的尺寸对天线性能的影响

地板 15 的尺寸可以通过两个维度的参数来体现:地板 15 的长度 L_g 、地板 15 的宽度 W_g 。

3-A. 长度 L_g 对天线性能的影响

假设 $W_g=70$ 毫米,如图 11A 和图 11B 所示,当 L_g 基于 140 毫米加长 12 毫米或缩短 12 毫米时,天线的谐振位置基本不变,这是因为地板 15 的宽度很大,地板 15 的特征阻抗很小。本申请提供的天线装置的谐振受激励单元 23 的长度 L_e 的影响更大,因为激励单元 23 的特征阻抗较大。

3-B. 宽度 W_g 对天线性能的影响

如图 11C 和图 11D 所示,当 W_g 基于 70 毫米加宽 10 毫米或者缩窄 10 毫米时,天线的谐振位置基本不变。但当地板 15 变窄(即 W_g 减小)时,天线的谐振变深,系统效率峰值和带宽变大。这是因为,地板 15 越窄,地板 15 的本征电流越集中在地板 15 的,这样架设于地板 15 的附近的激励单元 23 和地板 15 的耦合越强,更容易激励起地板 15 产生辐射。

激励单元 23、地板 15 的尺寸,可以根据本申请提供的天线装置实际所应用于的整机模型尺寸来确定。为实现激励单元 23 有效激励起地板 15 辐射,激励单元 23 和地板 15 的相对位置关系可如下:

1. 激励单元 23 可以平行于地板 15 的第一边(如侧边 21-1),或者,激励单元 23 和地板 15 的第一边(如侧边 21-1)之间可以呈现较小的夹角,即二者之间可以接近平行。该较小的夹角可以小于第一角度,如 5° 。不限于 5° ,第一角度还可以是 3° 、 7° 等角度。此时,激励单元 23 和第一边之间的夹角 α ,小于,激励单元 23 和第三边之间的夹角 β 。特别的,当夹角 $\alpha=0$ 、夹角 $\beta=90^\circ$ 时,激励单元 23 平行于第一边,此时激励单元 23 更容易激励起地板 15 产生辐射。

2. 激励单元 23 可以邻近地板 15 的第一边(如侧边 21-1)架设在地板 15 上。这里,该邻近可以是指激励单元 23 和第一边之间的距离小于特定距离,如 4 毫米。不限于 4 毫米,该特定距离还可以为 3 毫米、2 毫米、1 毫米等数值。此时,激励单元 23 到第一边的距离 L_1 ,小于,激励单元 23 到第二边(如侧边 21-5)的距离 L_2 。第一边和第二边是地板 15 的相对的两个边。 L_1 可以等于 0,此时激励单元 23 架设于地板的第一边处,激励单元 23 更容易激励起地板 15 产生辐射。也即是说,激励单元 23 离第一边越近,越容易激励起地板 15 产生辐射。

可以理解的,当激励单元 23 和第一边平行时,激励单元 23 和第一边之间的距离是唯一的;当激励单元 23 和第一边接近平行时,激励单元 23 和第一边之间的距离可以是激励单元 23 上的某个点(如中心点)到第一边的距离,或者是激励单元 23 上的多个点各自到第一边的多个距离的平均值。

3. 激励单元 23 的第一端到地板 15 的第三边(如底边 21-7)的距离 p_1 ,和,激励单元 23 的第二端到地板 15 的第四边(如顶边 21-3)的距离 p_2 ,之间的差值小于第一值,如 15 毫米。不限于 15 毫米,第一值还可以为 12 毫米、20 毫米等数值。除相对的第一边(如侧边 21-1)和第二边(如侧边 21-5)外,第三边和第四边为地板 15 的相对的另一条边。第一端为激励单元 23 的靠近第三边的一端,第二端为激励单元 23 的靠近第四边的一端。当激励单元 23 平行于第一边时, $p_1+p_2+L_e=L_g$;当激励单元 23 和第一边不平行,二者之间存在夹角 α ($\alpha \neq 0$) 时, $p_1+p_2+L_e > L_g$ 。 p_1 与 p_2 的差值为 0 时,激励单元 23 更容易激励地板 15 产生谐振,此时 p_1 、 p_2 相等,都等于 $(L_g - L_e) / 2$ 。

上述内容描述的是工作在单频段的天线设计方案，该单频段可以是 900MHz 低频频段、GPS L5 或者 GPS L1 等等。不限于单频段，本申请提供的天线装置还可实现双频段或宽频带或多频段，可以通过匹配网络或者增加更多的磁环来实现。下面展开说明。

1. 基于匹配网络的双频段天线方案

如图 12A 所示，为了实现双频段匹配，匹配网络可以为在串联电容 C1 之后，串联一个 LC 并联电路（由并联的 L2 和 C2 构成），最后再并联电感 L2。即，馈电端口处集成的匹配网络可包括：串联电容 C1、LC 并联电路、电感 L2，电容 C1、LC 并联电路一次串联于馈电端口，电感 L2 并联于馈电端口。电容 C1 可以称为第三电容，电感 L2 可以称为第二电感，LC 并联电路中的电容 C2 可以称为第四电容，LC 并联电路中的电感 L2 可以称为第三电感。可选的，双频段可以是低频段（如 800MHz 处）和 GPS L1 频段（1.5GHz 处），针对该双频段的匹配网络的配置可以如下：C1=1pF，L1=6nH，C2=2.2pF，L2=4.5nH。通过在馈电端口处设置该双频段的匹配网络，本申请提供的天线装置的天线性能可以如图 12B，图 12B 示出的是该天线装置的 S11 仿真。

2. 基于多磁环的双频段或宽频带或多频段天线方案

如图 13A-图 13B 所示，为了实现双频段或宽频带，可以在地板 15 上架设一个寄生单元（又可称为寄生磁环）。也即是说，本申请提供的天线装置还可以进一步包括寄生单元。在地板 15 上，和激励单元 23 相同，该寄生单元可架设于地板的第一边（如侧边 21-1）附近。这里，附近可以是指寄生单元与地板的第一边（如侧边 21-1）之间的距离小于特定距离（如 4 毫米）。此时，寄生单元到地板的第一边的距离 L3，小于，寄生单元到地板的第二边的距离 L4。

寄生单元的结构和激励单元 23 的结构可以相同。寄生单元可具有第三枝节和两个第四枝节。第三枝节类似激励单元 23 中的第一枝节 29-2，第四枝节类似激励单元 23 中的第二枝节 29-1、29-3。类似激励单元 23 的结构，寄生单元中的两个第四枝节可分别连接在第三枝节的两端。第四枝节远离第一枝节的一端连接地板 15。两个第四枝节可用于将第三枝节架设于地板 15 上，以使第三枝节与地板 15 形成空隙。和激励单元 23 一样，该寄生单元上可串联电容。该电容可以称为第五电容。为了串联第五电容，可以在第三枝节上开设缝隙，该缝隙两侧的两部分第三枝节之间可以串联第五电容。该缝隙可以称为第二缝隙。

激励单元 23 在激励起地板 15 产生辐射的同时，地板 15 会耦合该寄生单元产生辐射，从而可实现双频段辐射。

图 13C 和图 13D 示出了两种匹配网络参数下的天线性能。其中，当激励单元 23 串联电容 C=2.0pF，并联电感 L=3.5nH，且激励单元 23 的长度为 20 毫米，寄生单元的长度为 50 毫米时，天线装置的 S11 仿真可如图 13C 中的曲线 a1 所示，天线装置的效率仿真可如图 13D 中的曲线 b1、c1 所示。可以看出，天线装置工作在双频段：800MHz 频段和 960MHz 频段，这两个频段的效率基本一致，且无效率凹坑。当激励单元 23 串联电容 C=3.0pF，并联电感 L=3.5nH，且激励单元 23 的长度为 12 毫米，寄生单元的长度为 60 毫米时，天线装置的 S11 仿真可如图 13C 中的曲线 a2 所示，天线装置的效率仿真可如图 13D 中的曲线 b2、c2 所示。可以看出，天线装置工作在双频段：800MHz 频段和 1.1GHz 频段，这两个频段的效率基本一致，且无效率凹坑。

为了覆盖更多频段或者更宽频带，可以在地板 15 上设置更多寄生磁环，可如图 14 所示。

具体的，使用两个寄生磁环，可以实现三个谐振频点；使用三个寄生磁环，可以实现四个谐振频点；使用N（N是正整数）个寄生磁环，可以实现N+1个谐振频点。每个寄生磁环上都有一个串联电容。

不限于图15A所示的设置在地板15的侧边附近，激励单元23和寄生单元，或者仅激励单元23，也可以设置在地板15的底边21-7或者顶边21-3附近，可如图15B所示。即，地板的第一边可以是地板15的侧边，如侧边21-1或者侧边21-5，也可以是地板15的底边21-7或者顶边21-3。

为了实现多输入多输出（multi input multi output, MIMO），本申请提供的天线装置可以包括多个天线单元，一个天线单元可具有一个激励单元23，或者可具有一个激励单元23和M（M是正整数）个寄生单元。这多个天线单元可以设置于地板15的各个边的附近。例如，如图16所示，4个天线单元可以分别设置于地板15的4个附近，此时可实现4×4 MIMO。若移除图16中的两个天线单元，则可以实现2×2 MIMO。若在图16中的地板附近再增加一些天线单元，则可以实现高阶的MIMO。

不限于和激励单元23结构相同的寄生磁环，为了实现多频段或宽频段，寄生单元还可以是其他天线，如支架天线、悬浮天线等。支架天线可以包括倒F天线（inverted F antenna, IFA）、倒L天线（inverted L antenna, ILA）等。图17A示例性示出了寄生的IFA天线，图17B示例性示出了寄生的ILA天线，图17C示例性示出了寄生的悬浮金属天线（floating metal antenna, FLM）。寄生的悬浮金属天线可以粘贴或印制于非金属后盖（如玻璃后盖）的内表面或外表面。

在一些实施例中，IFA天线也可以作为激励单元，即对IFA进行馈电，IFA天线可以将能量耦合到和激励单元23结构相同的磁环。然后，磁环可以将能量耦合给地板，激励起地板产生辐射。此时，作为激励单元的IFA天线的匹配网络可以先串联1pF电容，然后再并联4nH电感；作为寄生单元的磁环上可以串联0.8pF的电容。

同样的，ILA也可以作为激励单元，即对ILA进行馈电，ILA天线可以将能量耦合到和激励单元23结构相同的磁环。然后，磁环可以将能量耦合给地板，激励起地板产生辐射。

本申请以上内容中提及的电容、电感，可以通过集总元件实现，也可以通过分布式元件实现。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1、一种电子设备的天线装置，其特征在于，所述天线装置包括：所述电子设备的地板、激励单元，其中：

所述激励单元具有第一枝节和两个第二枝节，所述两个第二枝节分别连接在所述第一枝节的两端；所述第二枝节远离所述第一枝节的一端连接所述地板；所述两个第二枝节用于将所述第一枝节架设于所述地板上，所述第一枝节与所述地板之间形成空隙；

所述地板包括相对的第一边和第二边，以及相对的第三边和第四边，其中 $L1$ 小于 $L2$ ，所述 $L1$ 为所述激励单元到所述第一边的距离，所述 $L2$ 为所述激励单元到所述第二边的距离； $p1$ 和 $p2$ 的差值小于第一值，所述 $p1$ 为所述激励单元的第一端到所述第三边的距离，所述 $p2$ 为所述激励单元的第二端到所述地板的第四边的距离；所述第一端为所述激励单元的靠近所述第三边的一端，所述第二端为所述激励单元的靠近所述第四边的一端；

所述激励单元上设置有馈电端口；所述第一枝节上开设有第一缝隙，所述第一缝隙两侧的两部分第一枝节之间串联第一电容。

2、如权利要求 1 所述的天线装置，其特征在于，所述 $L1$ 等于 0。

3、如权利要求 1-2 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述 $p1$ 等于所述 $p2$ 。

4、如权利要求 1-3 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述第一缝隙开设于所述第一枝节的中间。

5、如权利要求 1-4 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述馈电端口具体设置在所述第一枝节上，或者，所述馈电端口具体设置在所述第二枝节上。

6、如权利要求 1-5 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述馈电端口处集成有匹配网络，所述匹配网络包括第二电容和第一电感，所述第二电容串联于所述馈电端口，所述第一电感并联于所述馈电端口。

7、如权利要求 1-5 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述馈电端口处集成有匹配网络，所述匹配网络包括第三电容、第一并联电路和第二电感，所述第一并联电路包括并联的第四电容和第三电感，所述第三电容、所述第一并联电路依次串联于所述馈电端口，所述第二电感并联于所述馈电端口。

8、如权利要求 1-7 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述天线装置还包括：一个或多个寄生单元，所述寄生单元架设于所述地板上，所述寄生单元到所述第一边的距离 $L3$ 小于所述寄生单元到所述第二边的距离 $L4$ 。

9、如权利要求 8 所述的天线装置，其特征在于，所述寄生单元具有第三枝节和两个第四枝节，所述两个第四枝节分别连接在所述第三枝节的两端；所述第四枝节远离所述第三枝节

的一端连接所述地板；所述两个第四枝节用于将所述第三枝节架设于所述地板上，所述第三枝节与所述地板之间形成空隙；所述第三枝节上开设有第二缝隙，所述第二缝隙两侧的两个第三枝节部分之间串联第五电容。

10、如权利要求 8 所述的天线装置，其特征在于，所述寄生单元包括以下任一项：倒 F 天线、倒 L 天线、设置于所述电子设备的非金属后盖的内表面或外表面的悬浮金属天线。

11、如权利要求 1-10 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述第一电容为集总电容或者分布式电容。

12、一种电子设备的天线装置，其特征在于，所述天线装置包括：所述电子设备的地板以及设置在所述地板上的多个天线单元；其中，所述天线单元具有一个激励单元，或者所述天线单元具有一个激励单元和 M 个寄生单元，M 是正整数；其中：

所述激励单元具有第一枝节和两个第二枝节，所述两个第二枝节分别连接在所述第一枝节的两端；所述第二枝节远离所述第一枝节的一端连接所述地板；所述两个第二枝节用于将所述第一枝节架设于所述地板上，所述第一枝节与所述地板之间形成空隙；

所述地板包括相对的第一边和第二边，以及相对的第三边和第四边，其中 $L1 < L2$ ，所述 $L1$ 为所述激励单元到所述地板的第一边的距离，所述 $L2$ 为所述激励单元到所述地板的第二边的距离； $p1$ 和 $p2$ 的差值小于第一值，所述 $p1$ 为所述激励单元的第一端到所述第三边的距离，所述 $p2$ 为所述激励单元的第二端到所述地板的第四边的距离；所述第一端为所述激励单元的靠近所述第三边的一端，所述第二端为所述激励单元的靠近所述第四边的一端；

所述激励单元上设置有馈电端口；所述第一枝节上开设有第一缝隙，所述第一缝隙两侧的两部分第一枝节之间串联第一电容；

所述寄生单元架设于所述地板上，所述寄生单元到所述第一边的距离 $L3$ 小于所述寄生单元到所述第二边的距离 $L4$ 。

13、如权利要求 12 所述的天线装置，其特征在于，所述 $L1$ 等于 0。

14、如权利要求 12-13 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述 $p1$ 等于所述 $p2$ 。

15、如权利要求 12-14 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述第一缝隙开设于所述第一枝节的中间。

16、如权利要求 12-15 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述馈电端口具体设置在所述第一枝节上，或者，所述馈电端口具体设置在所述第二枝节上。

17、如权利要求 12-16 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述馈电端口处集成有匹配网络，所述匹配网络包括第二电容和第一电感，所述第二电容串联于所述馈电端口，所述第一电感并联于所述馈电端口。

18、如权利要求 12-16 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述馈电端口处集成有匹配网络，所述匹配网络包括第三电容、第一并联电路和第二电感，所述第一并联电路包括并联的第四电容和第三电感，所述第三电容、所述第一并联电路依次串联于所述馈电端口，所述第二电感并联于所述馈电端口。

19、如权利要求 12-18 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述寄生单元具有第三枝节和两个第四枝节，所述两个第四枝节分别连接在所述第三枝节的两端；所述第四枝节远离所述第三枝节的一端连接所述地板；所述两个第四枝节用于将所述第三枝节架设于所述地板上，所述第三枝节与所述地板之间形成空隙；所述第三枝节上开设有第二缝隙，所述第二缝隙两侧的两个第三枝节部分之间串联第五电容。

20、如权利要求 12-18 中任一项所述的天线装置，其特征在于，所述寄生单元包括以下任一项：倒 F 天线、倒 L 天线、设置于所述电子设备的非金属后盖的内表面或外表面的悬浮金属天线。

21、一种电子设备，其特征在于，所述电子设备的后盖是绝缘材料制成的，所述电子设备包括：权利要求 1 至 20 中任意一项所述的天线装置。

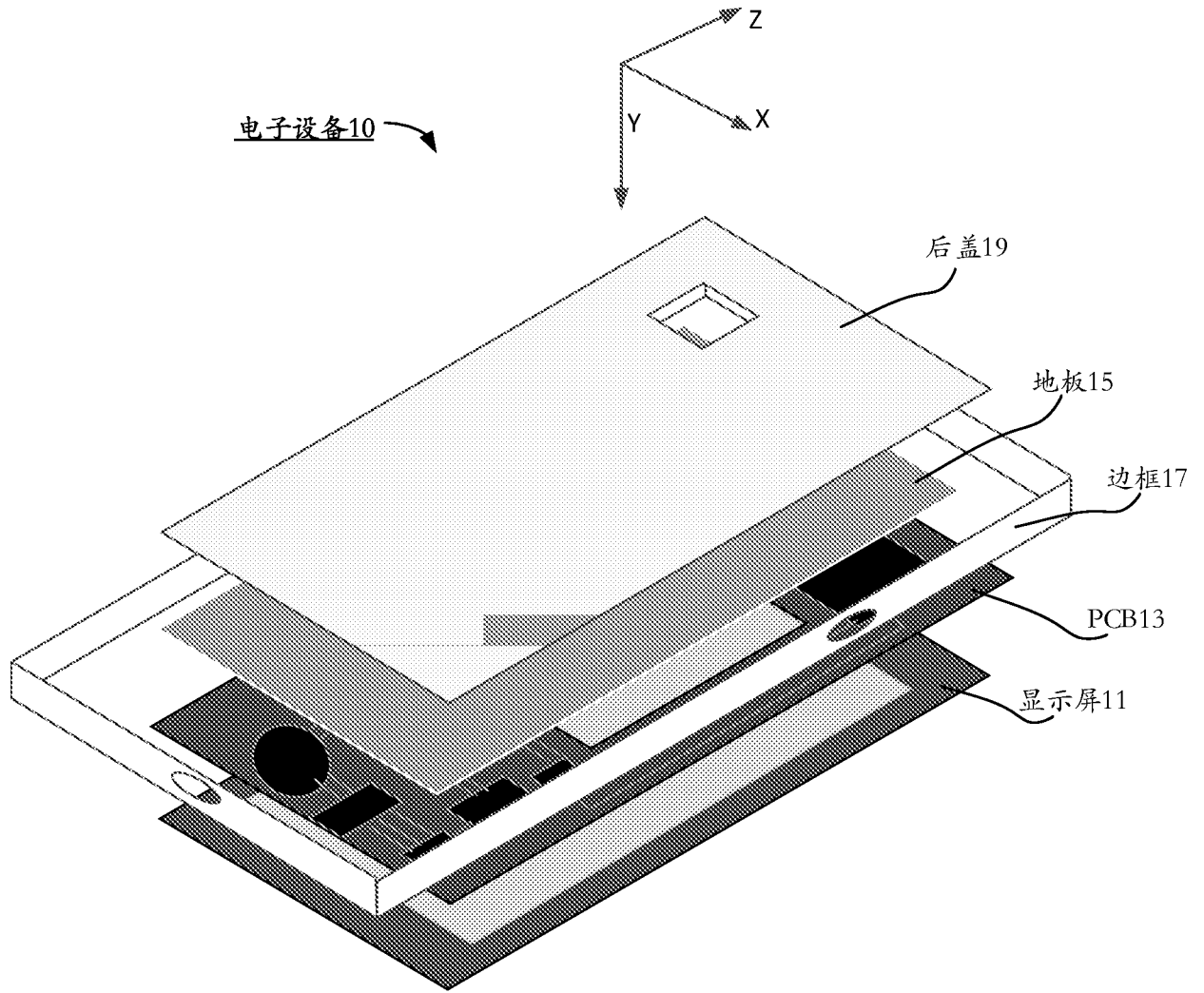


图 1

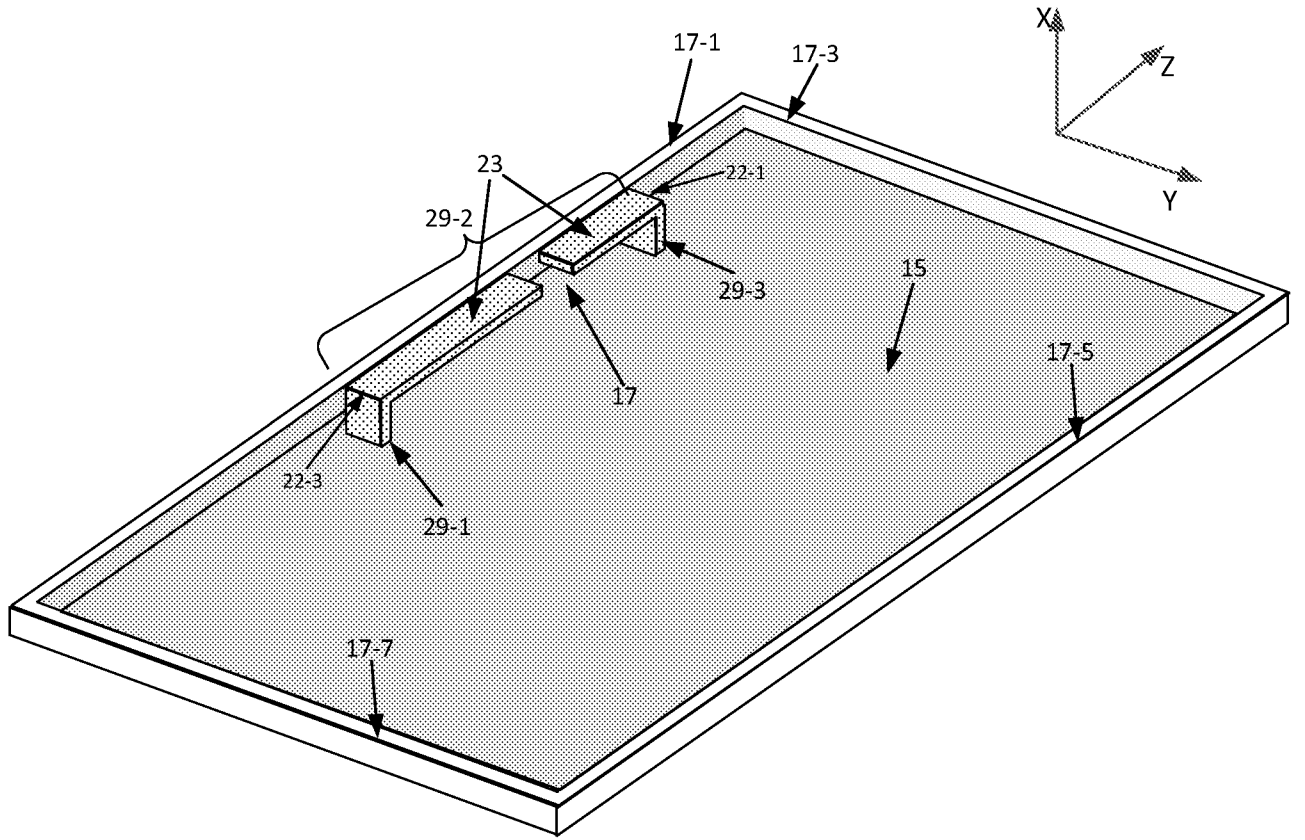


图 2A

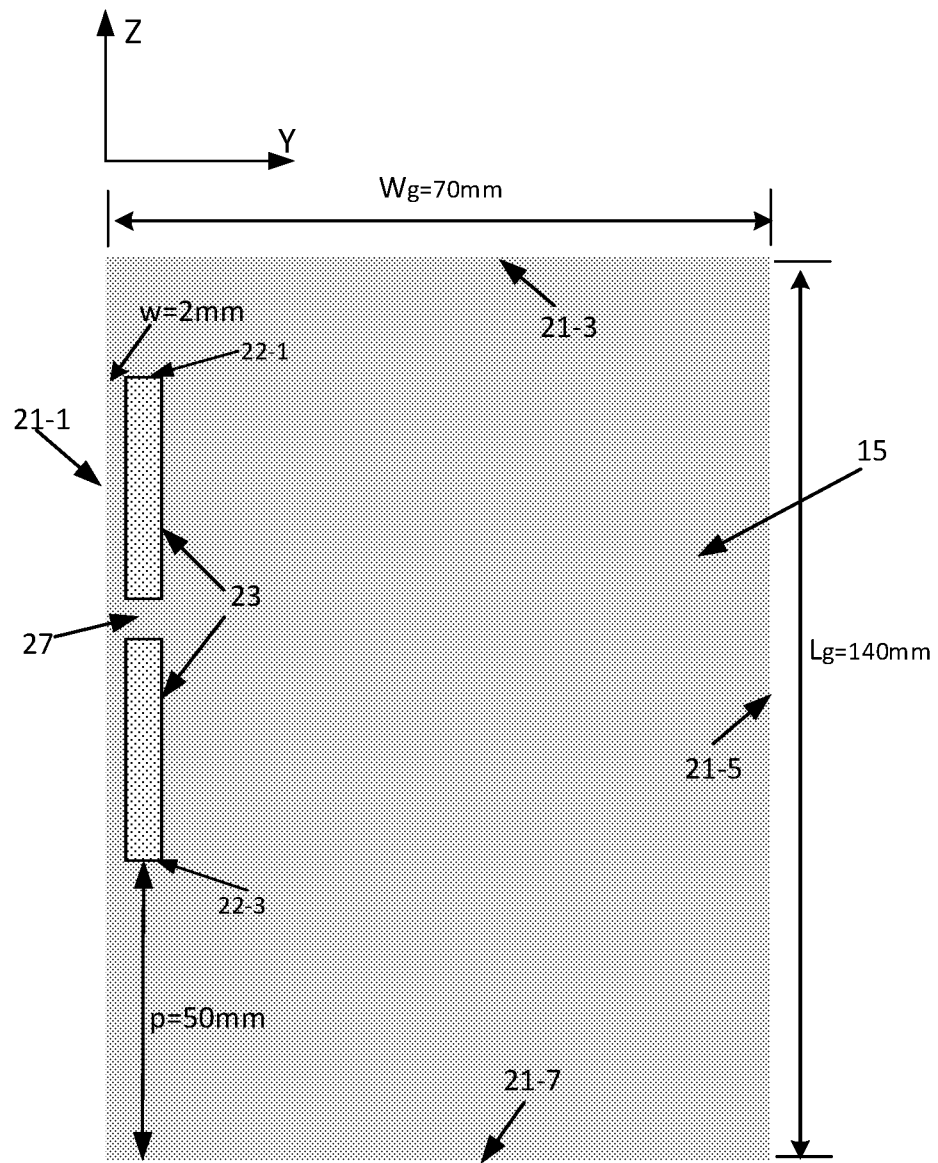


图 2B

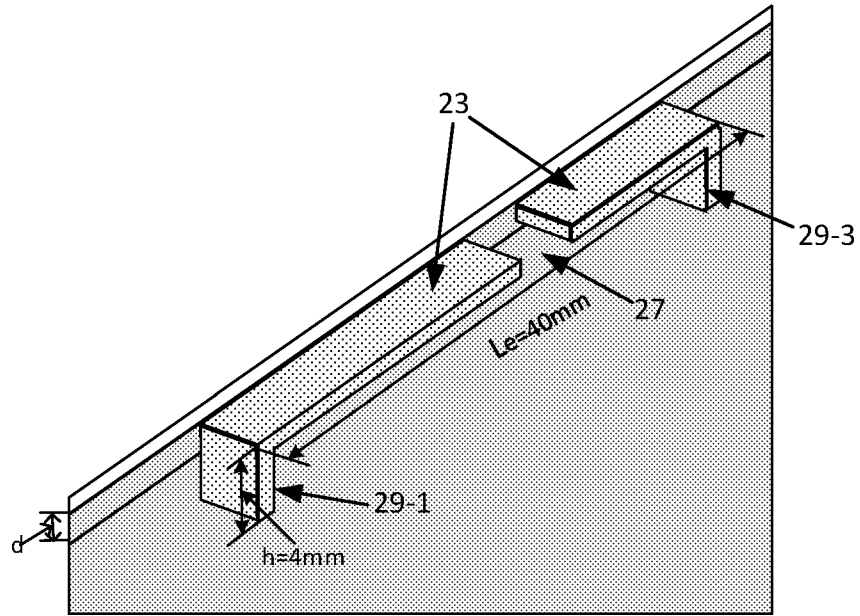


图 2C

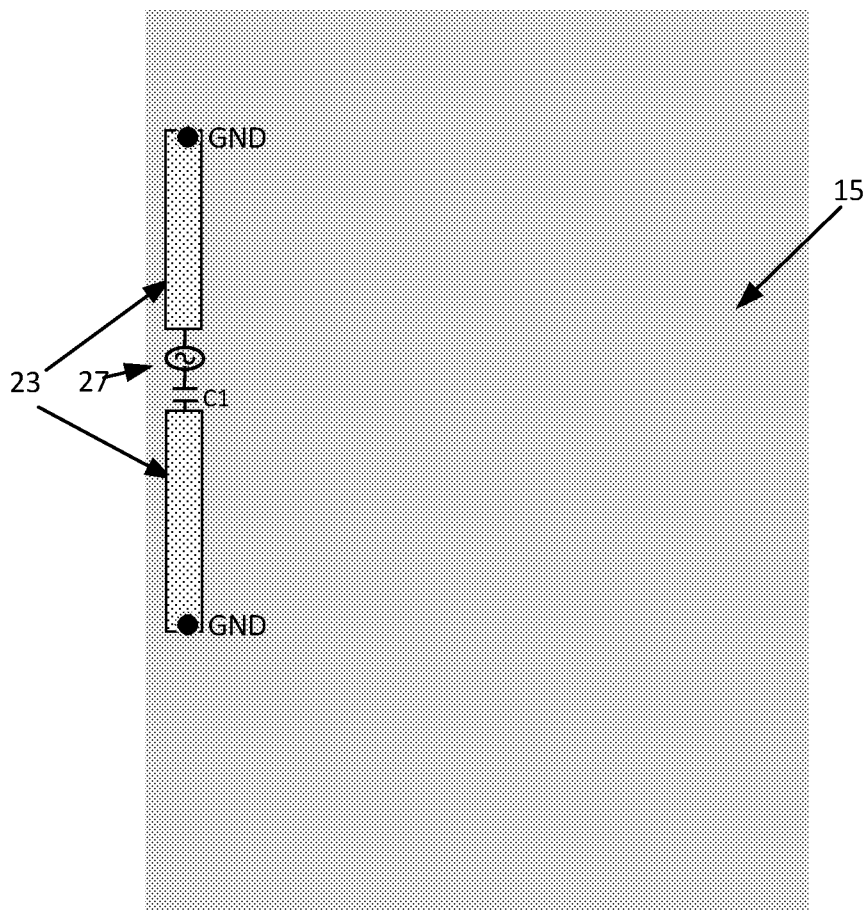


图 2D

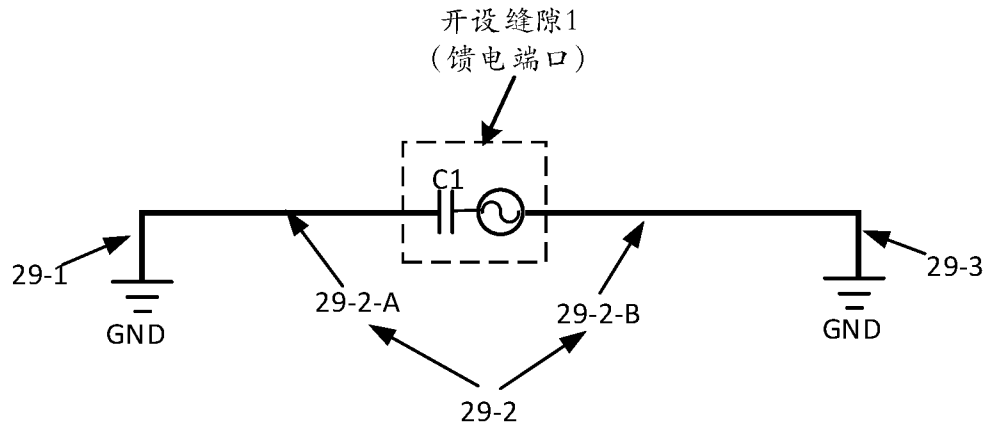


图 2E

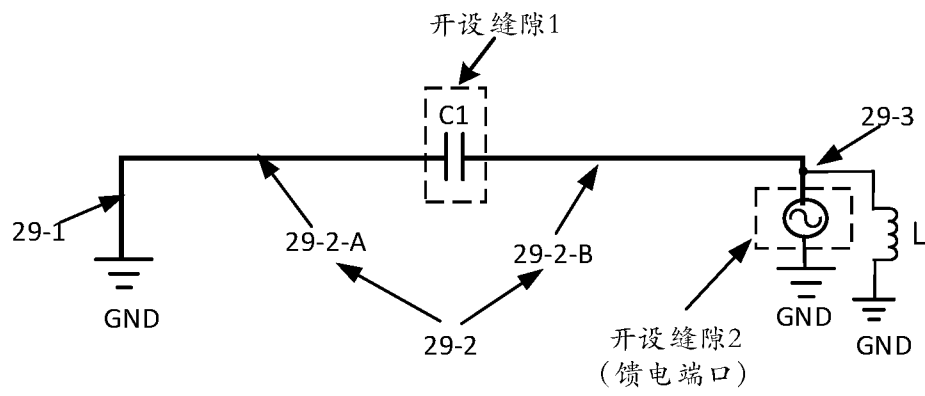


图 2F

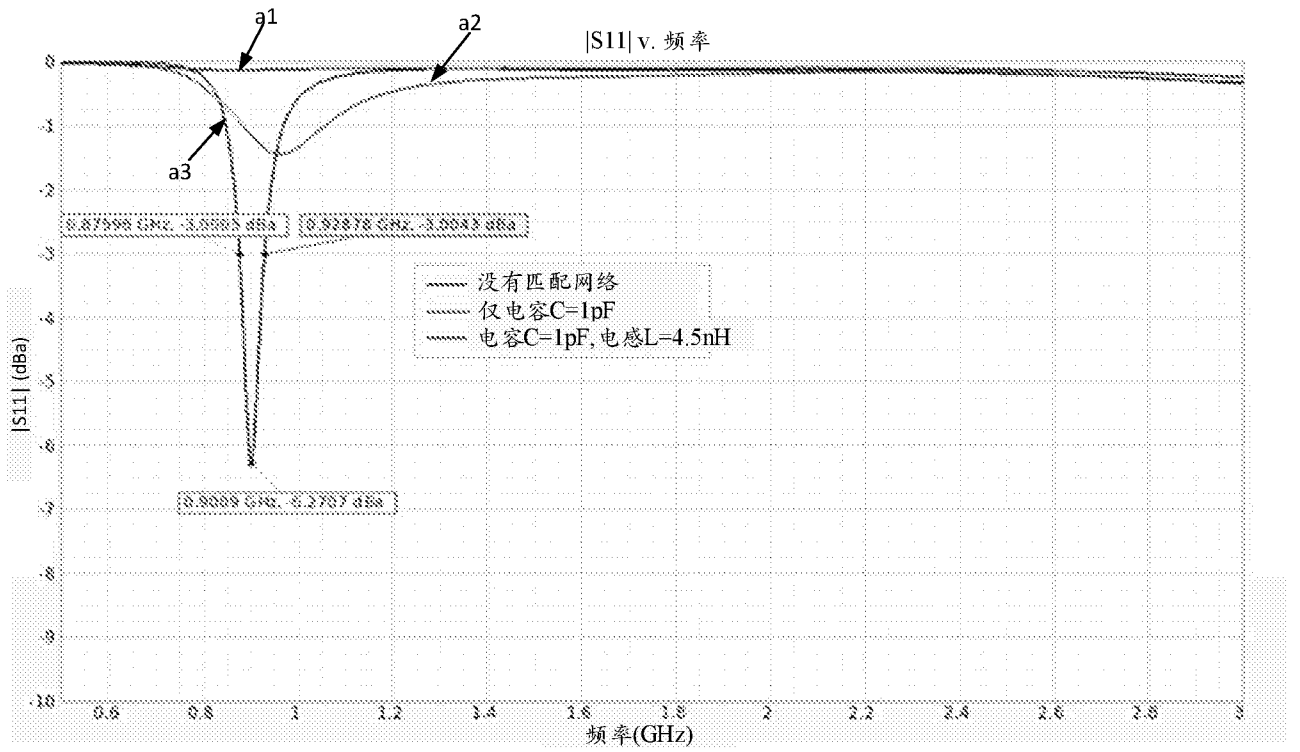


图 3A

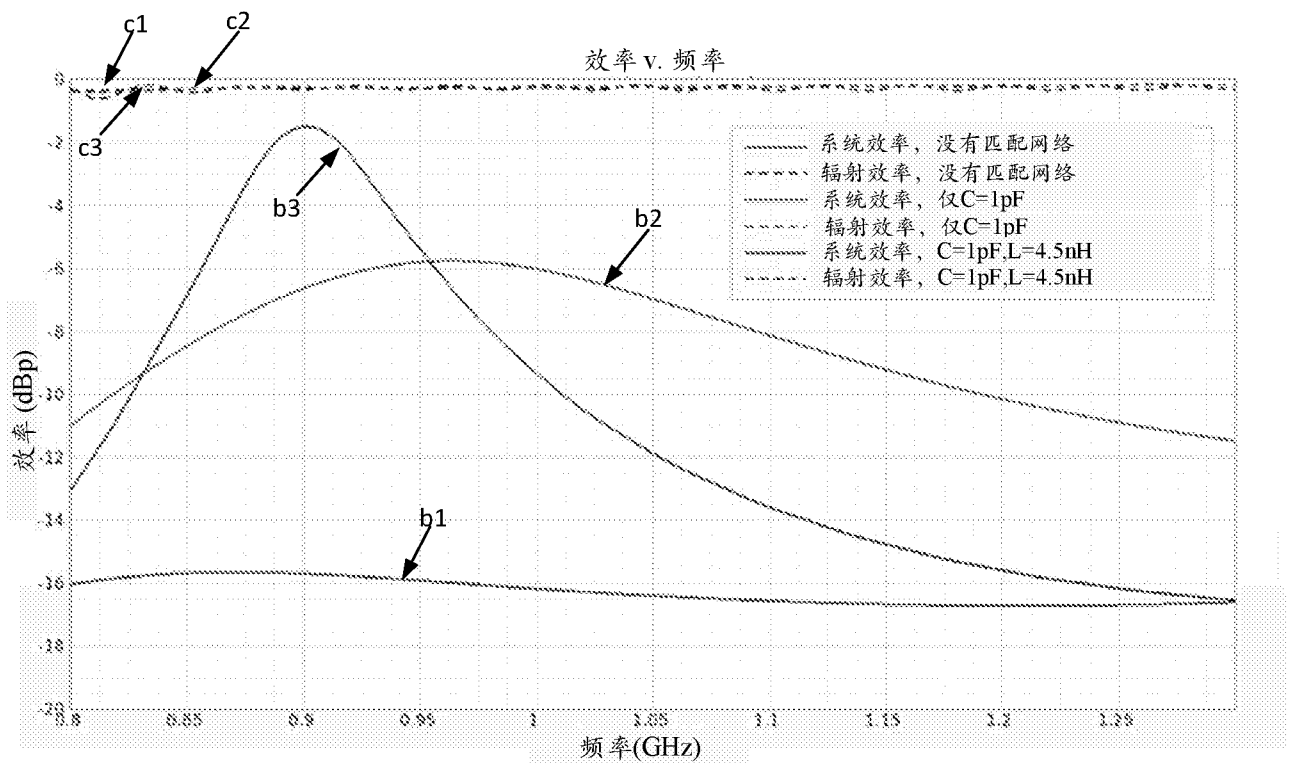


图 3B

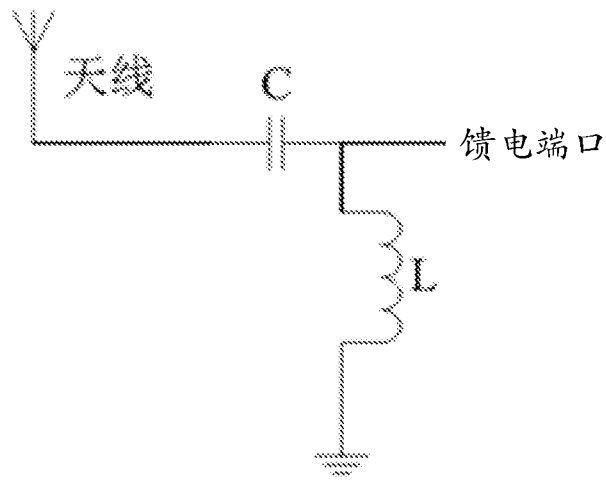


图 3C

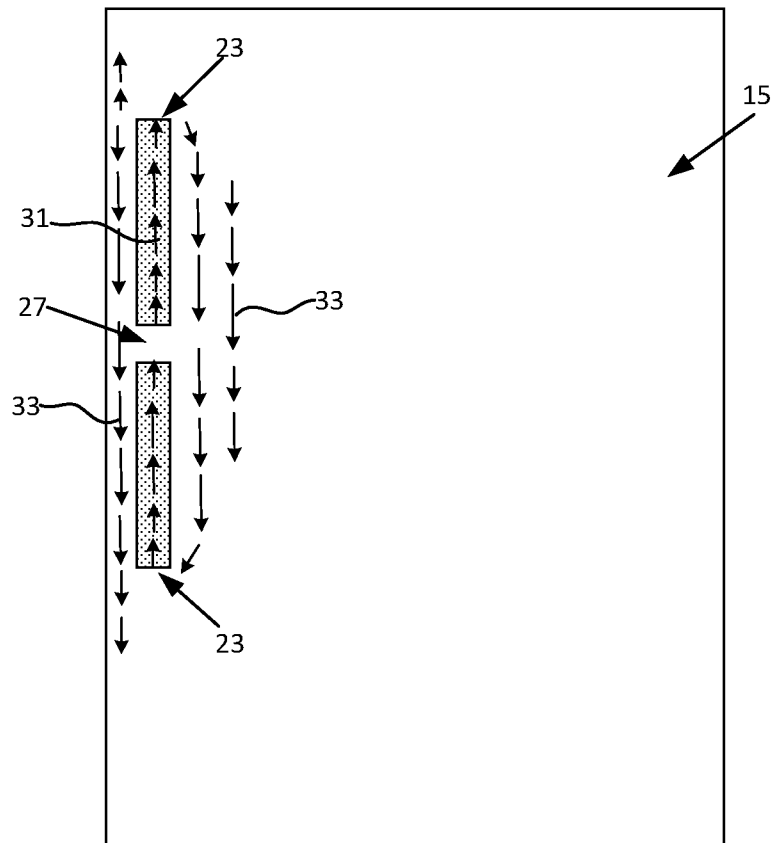


图 4A

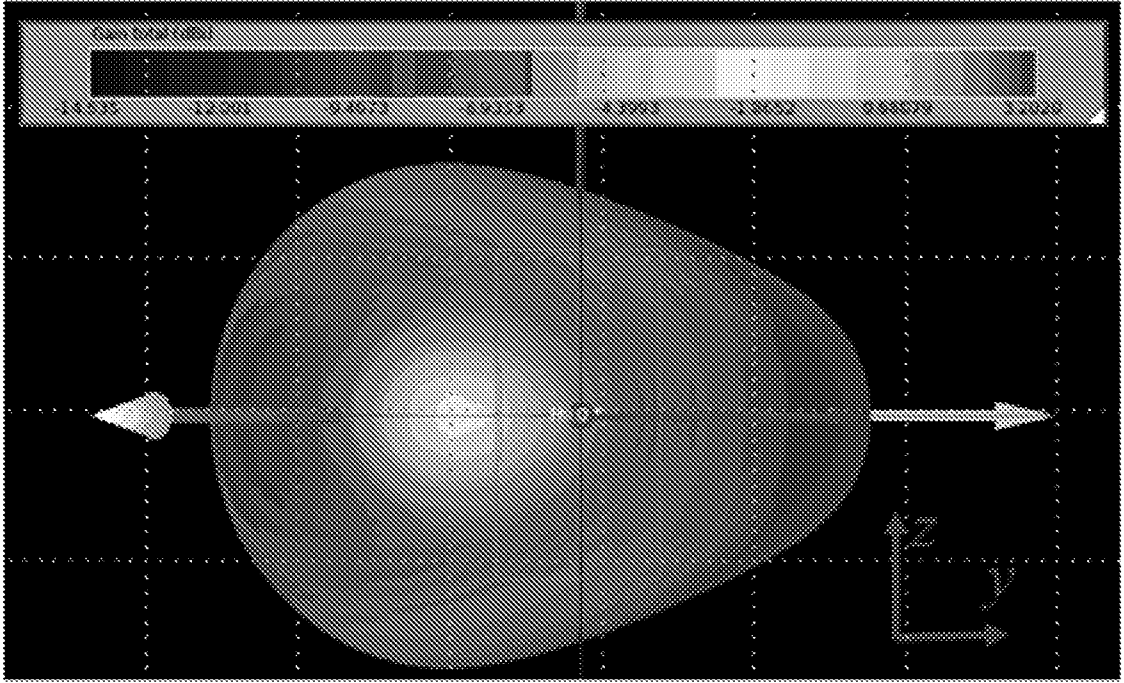


图 4B

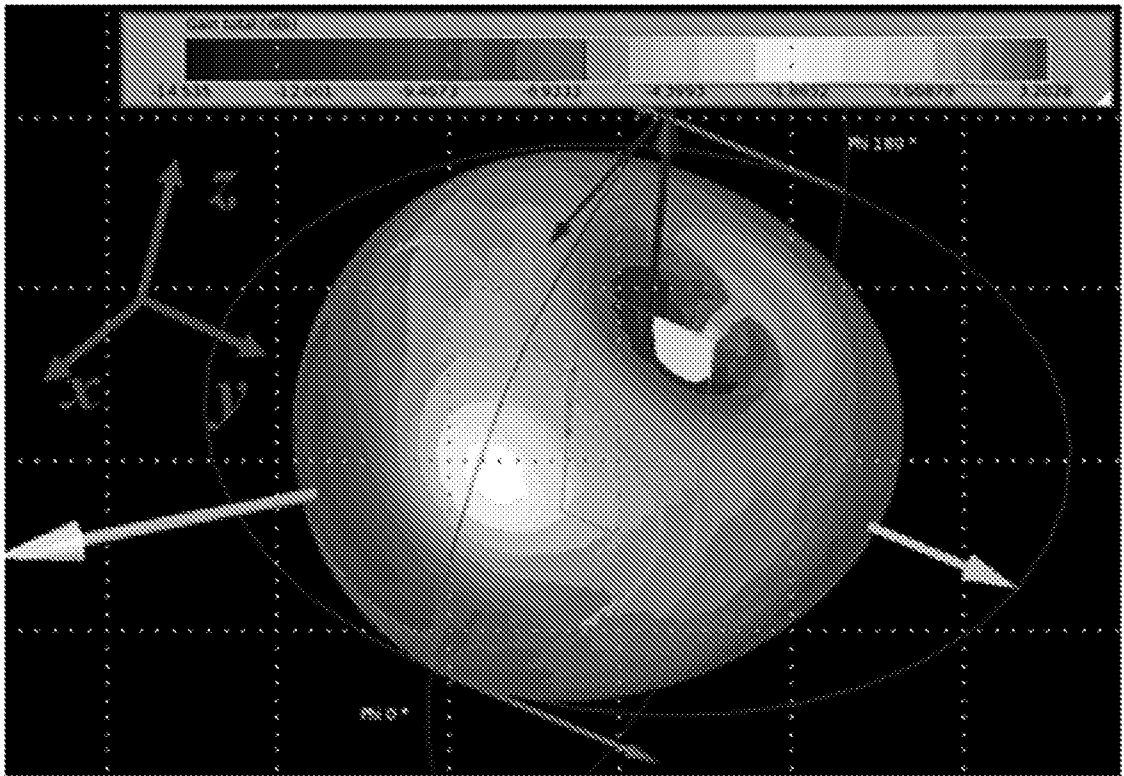


图 4C

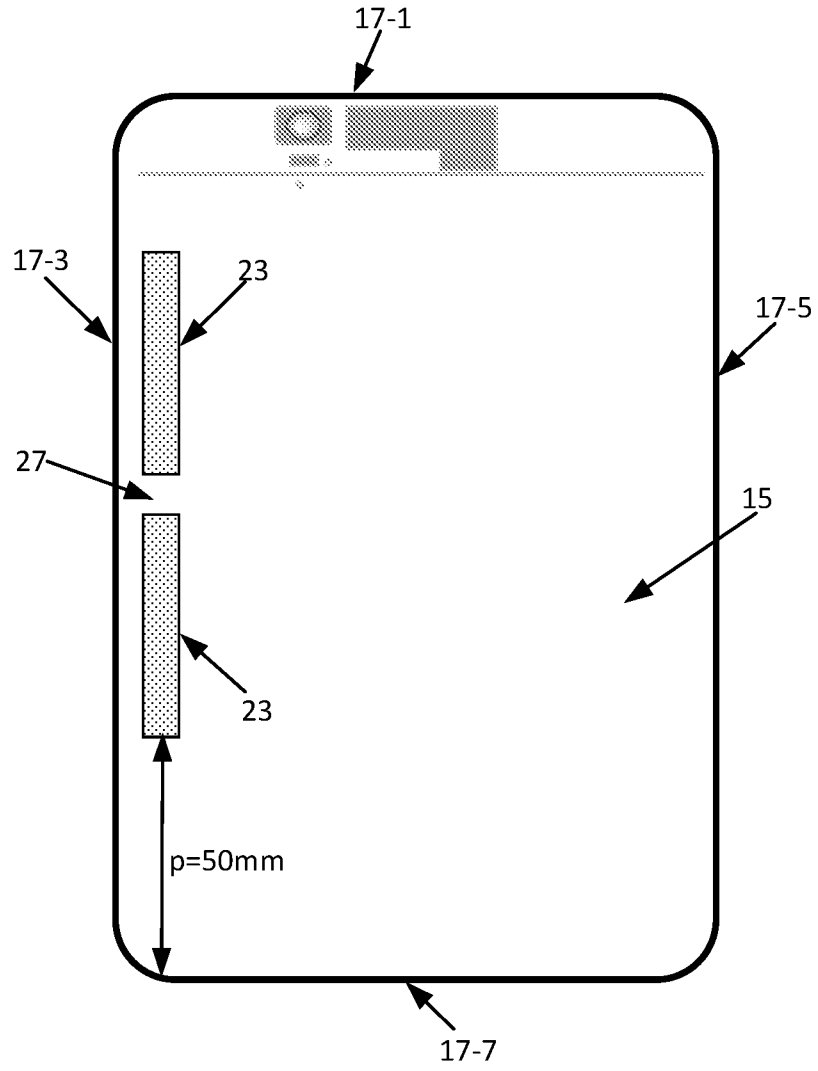


图 5A

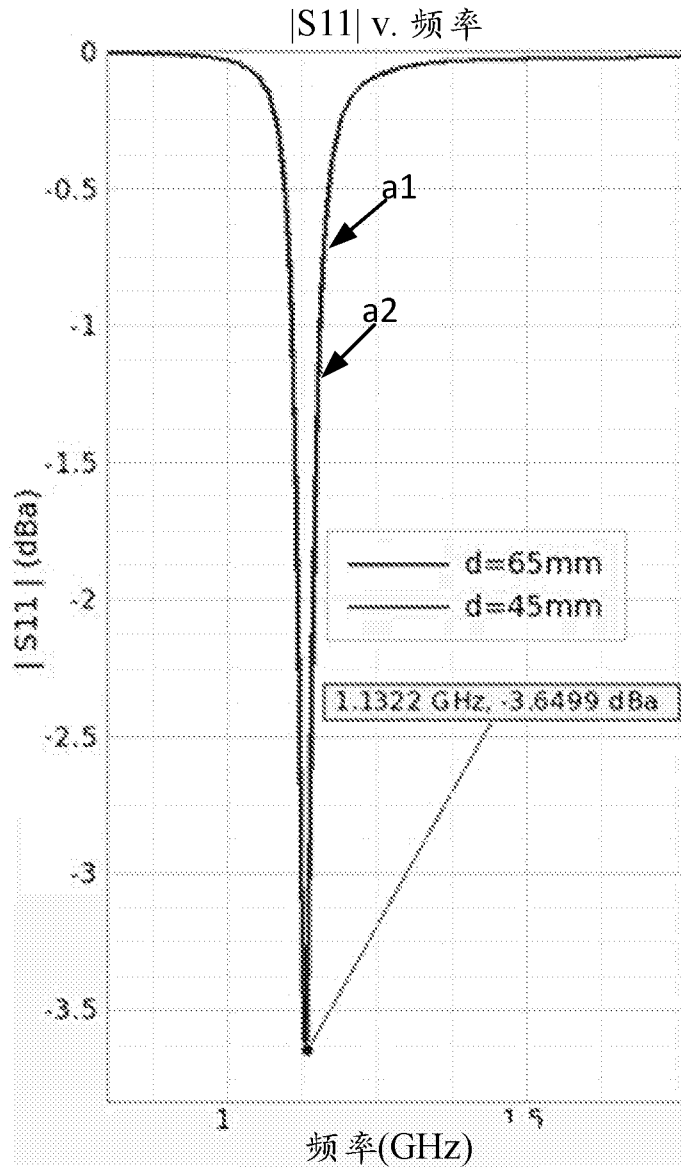


图 5B

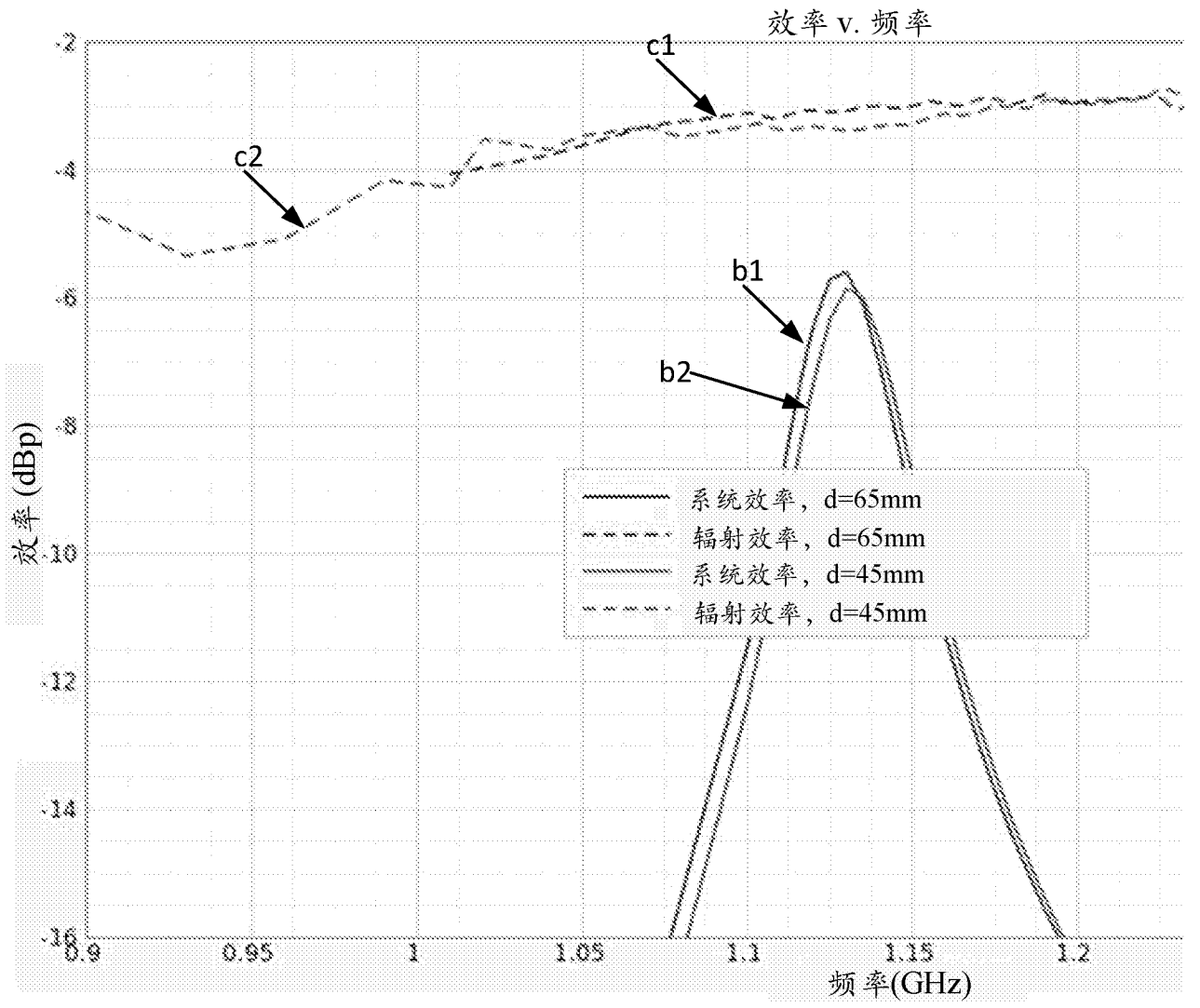


图 5C

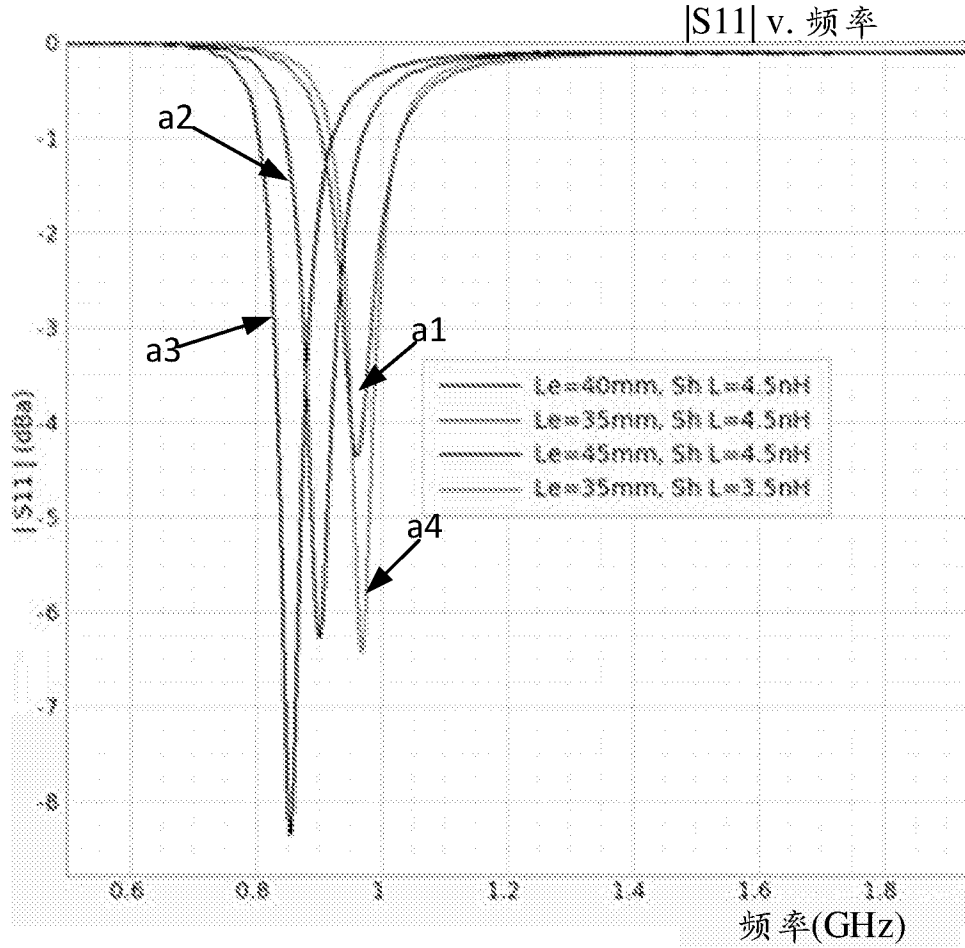


图 6A

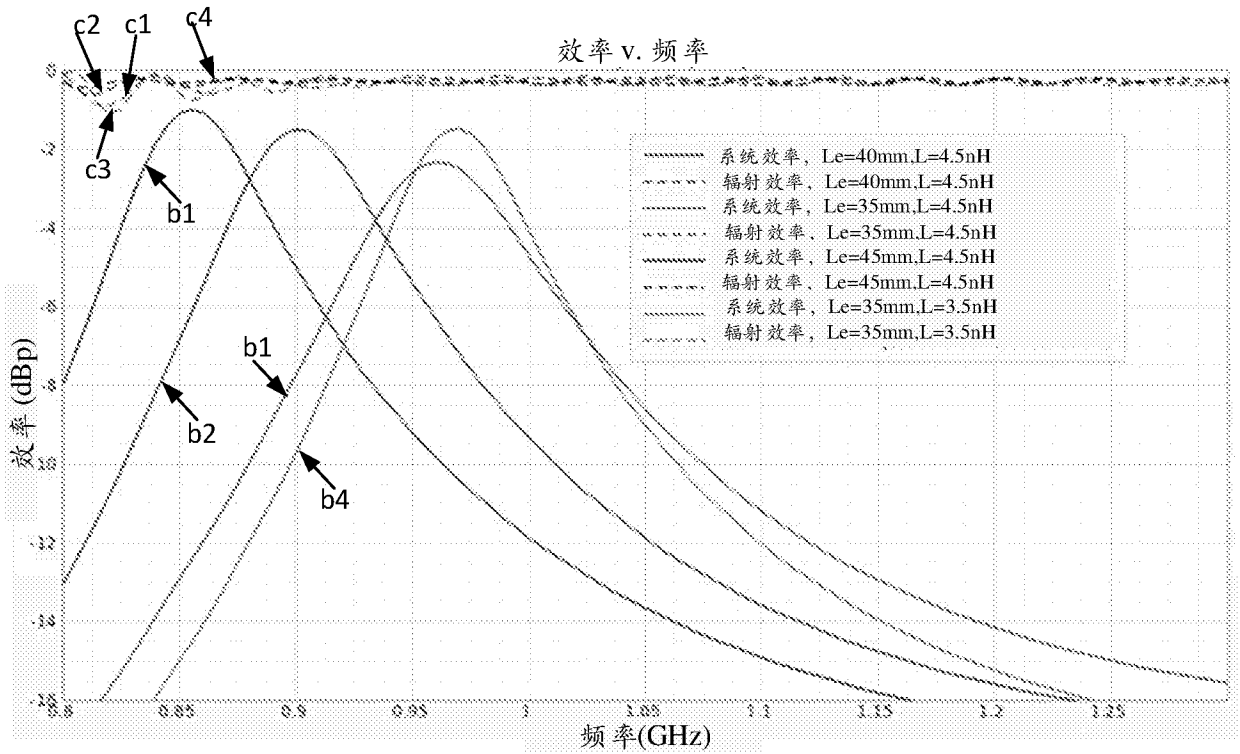


图 6B

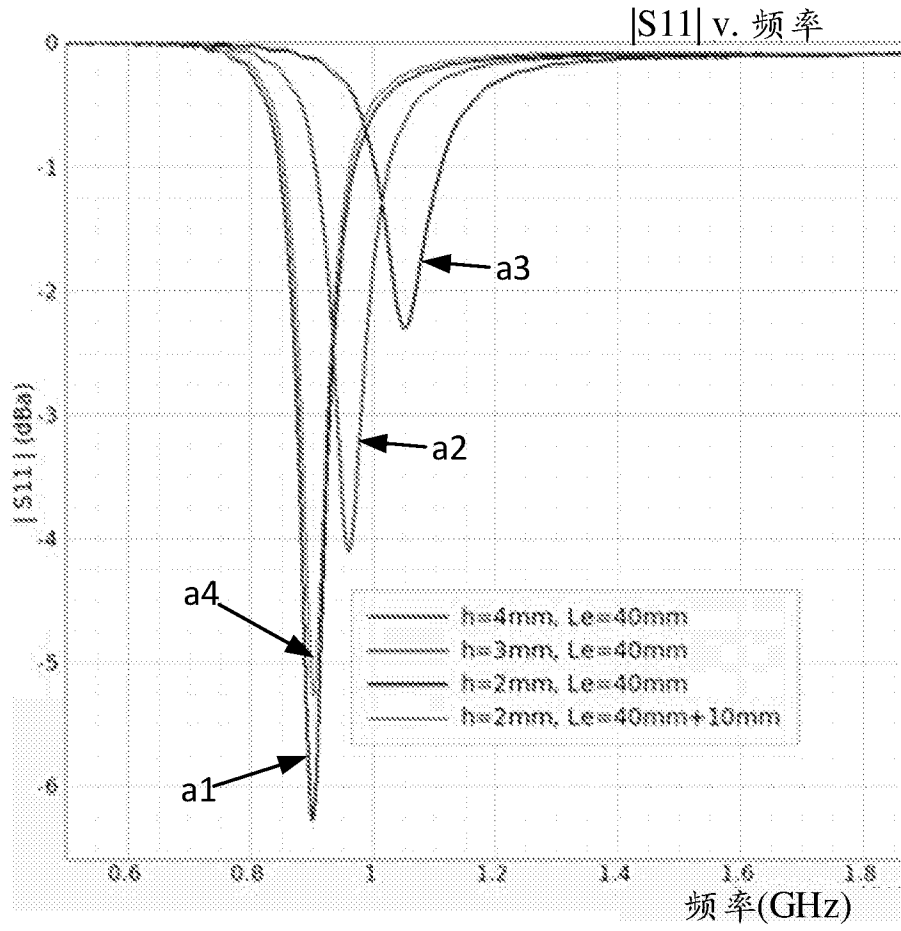


图 7A

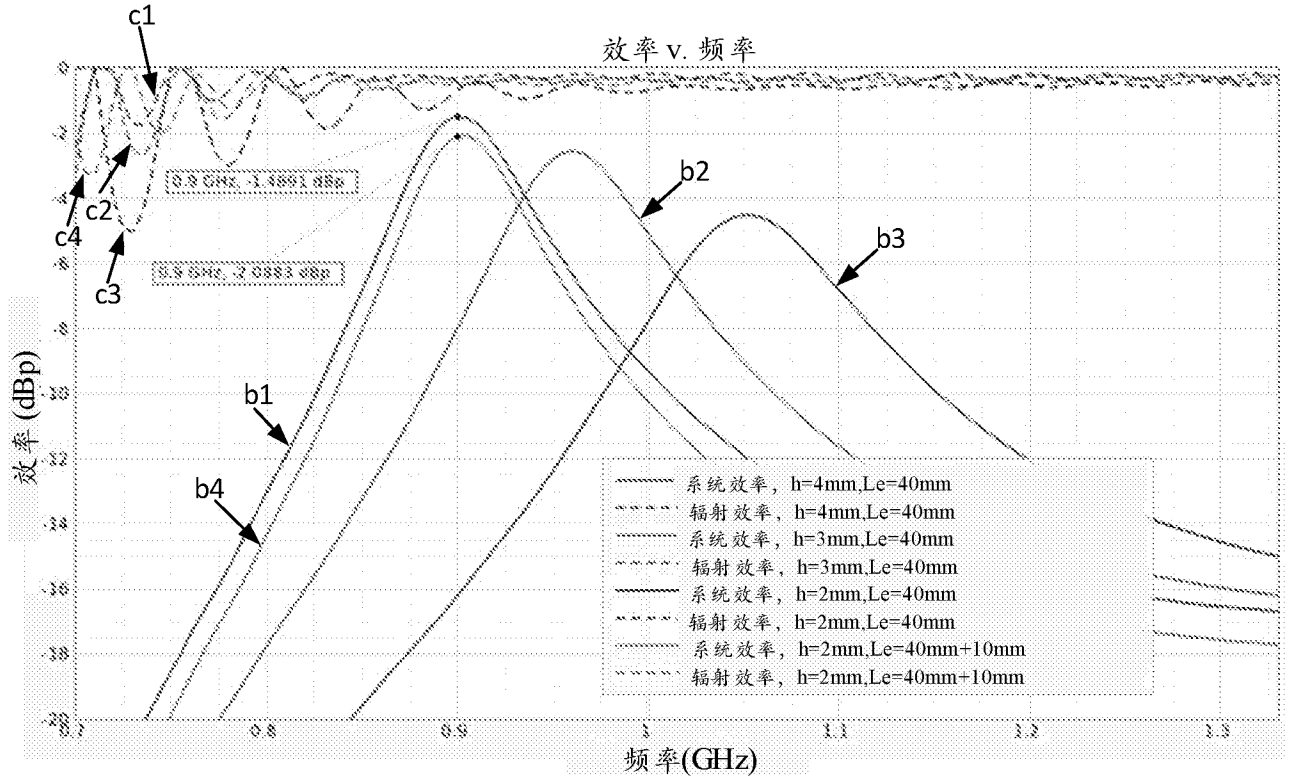


图 7B

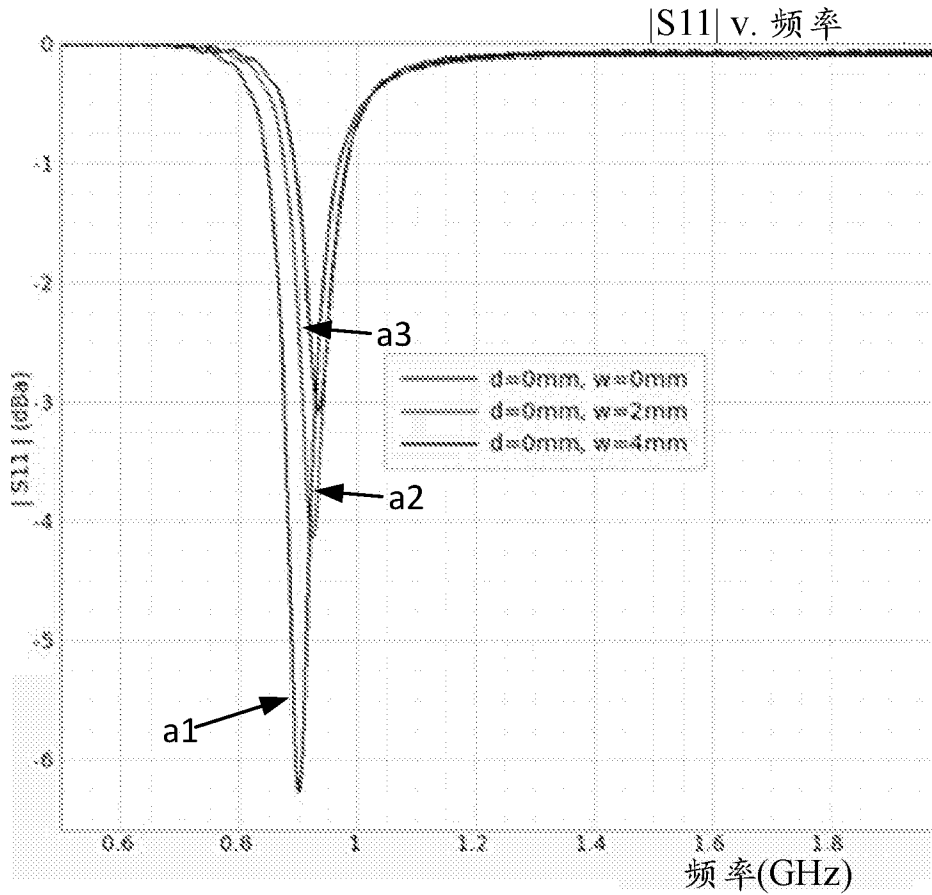


图 8A

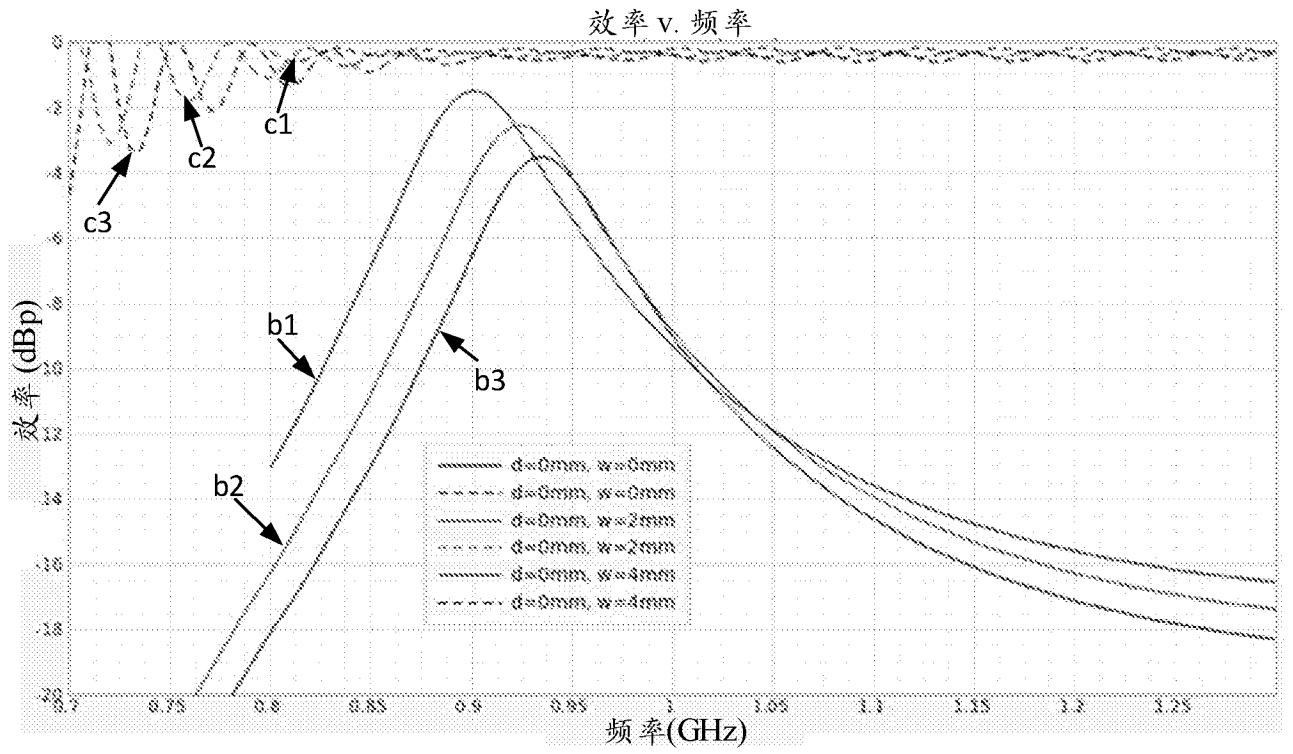


图 8B

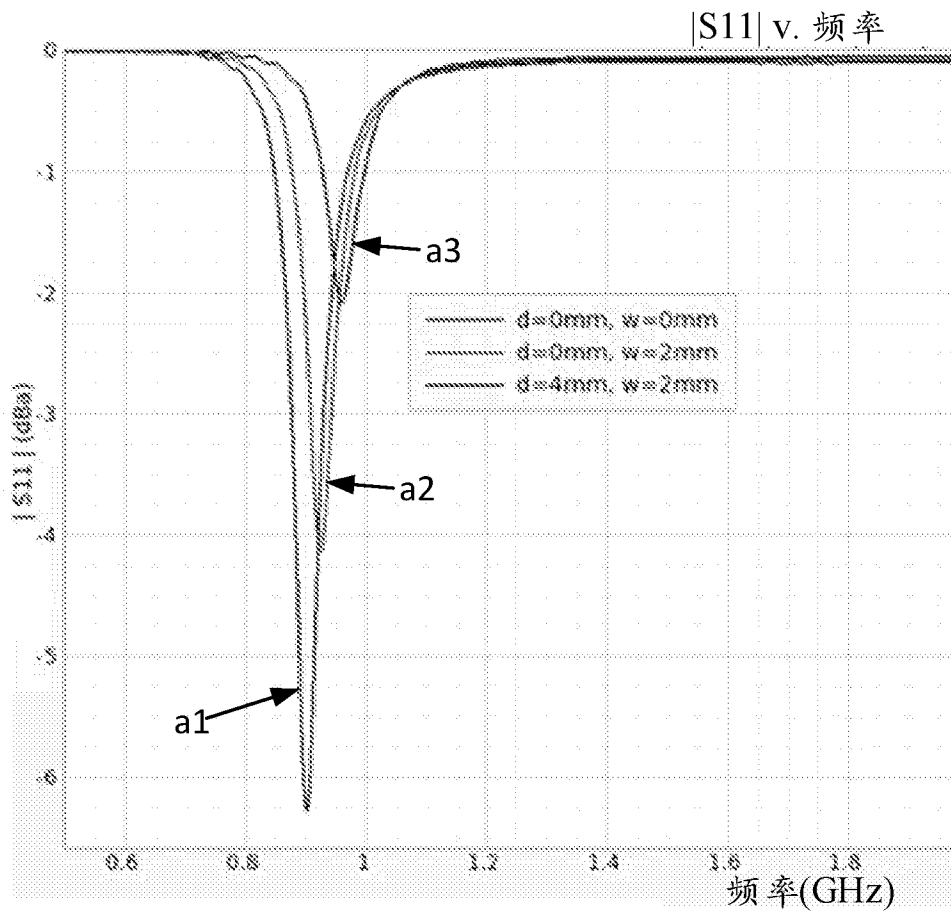


图 9A

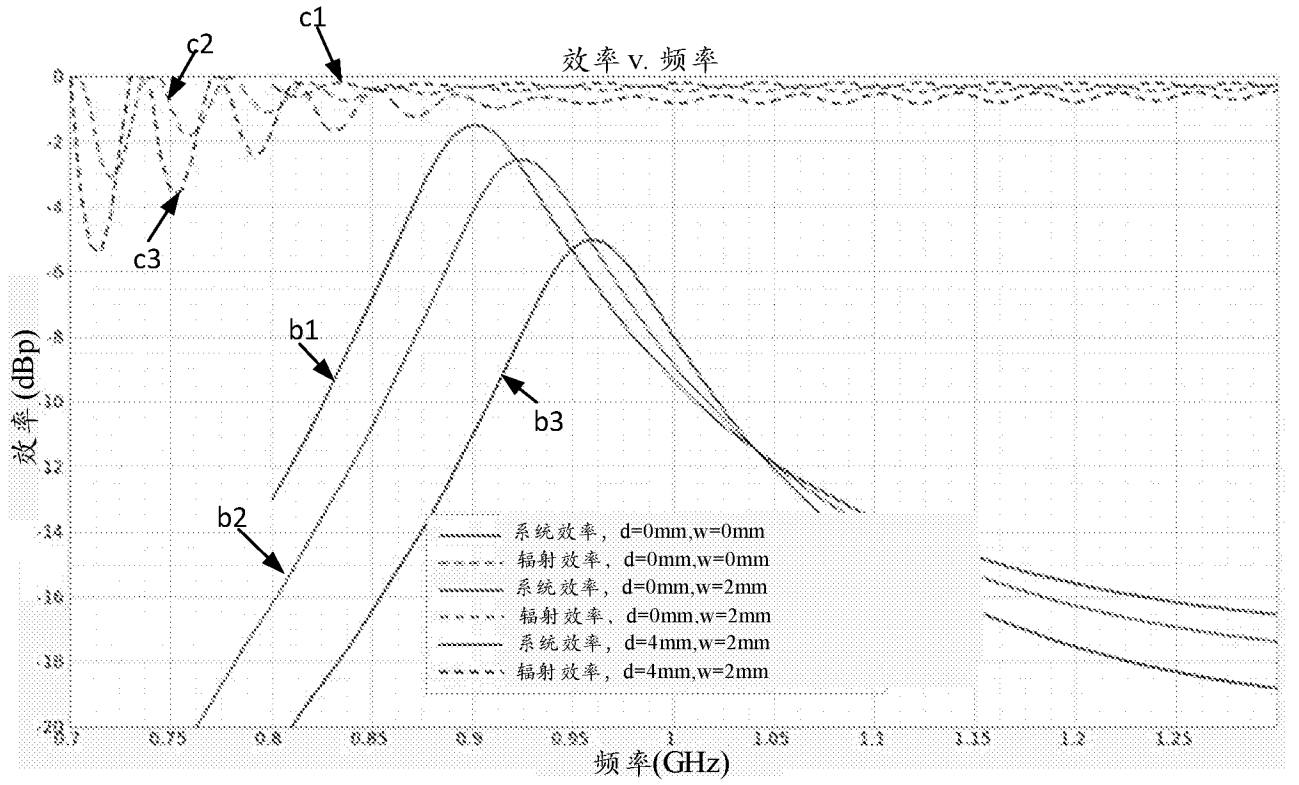


图 9B

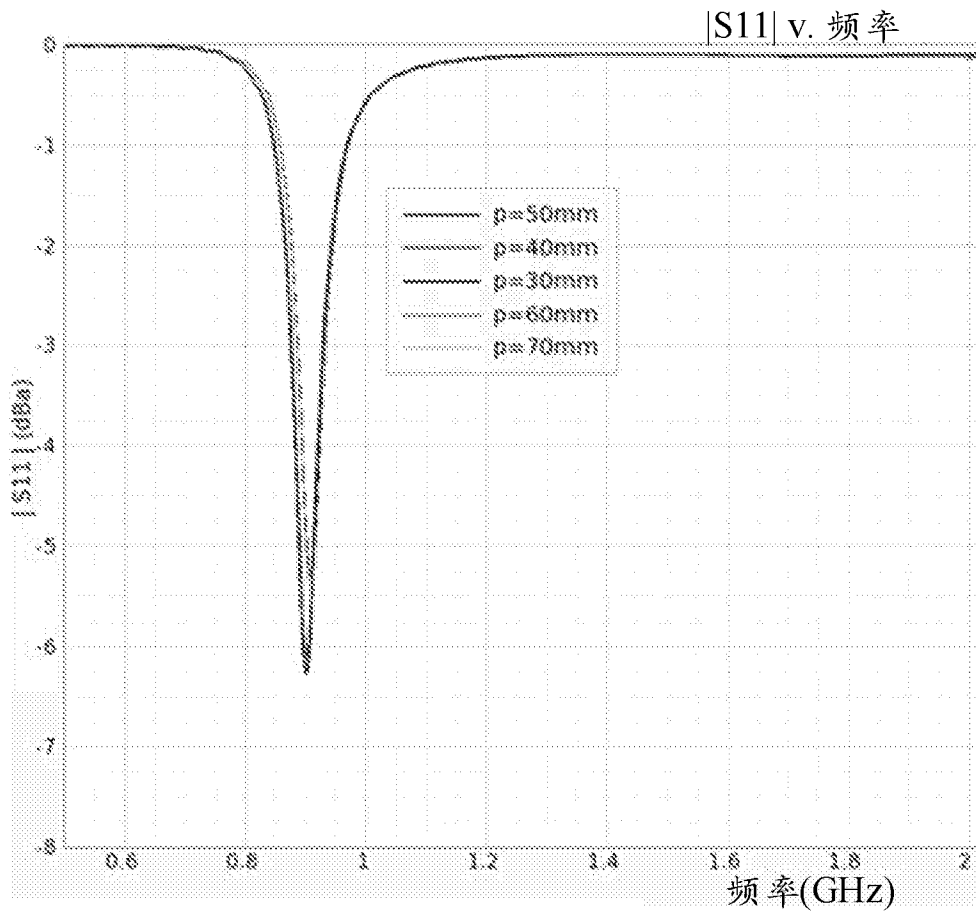


图 10A

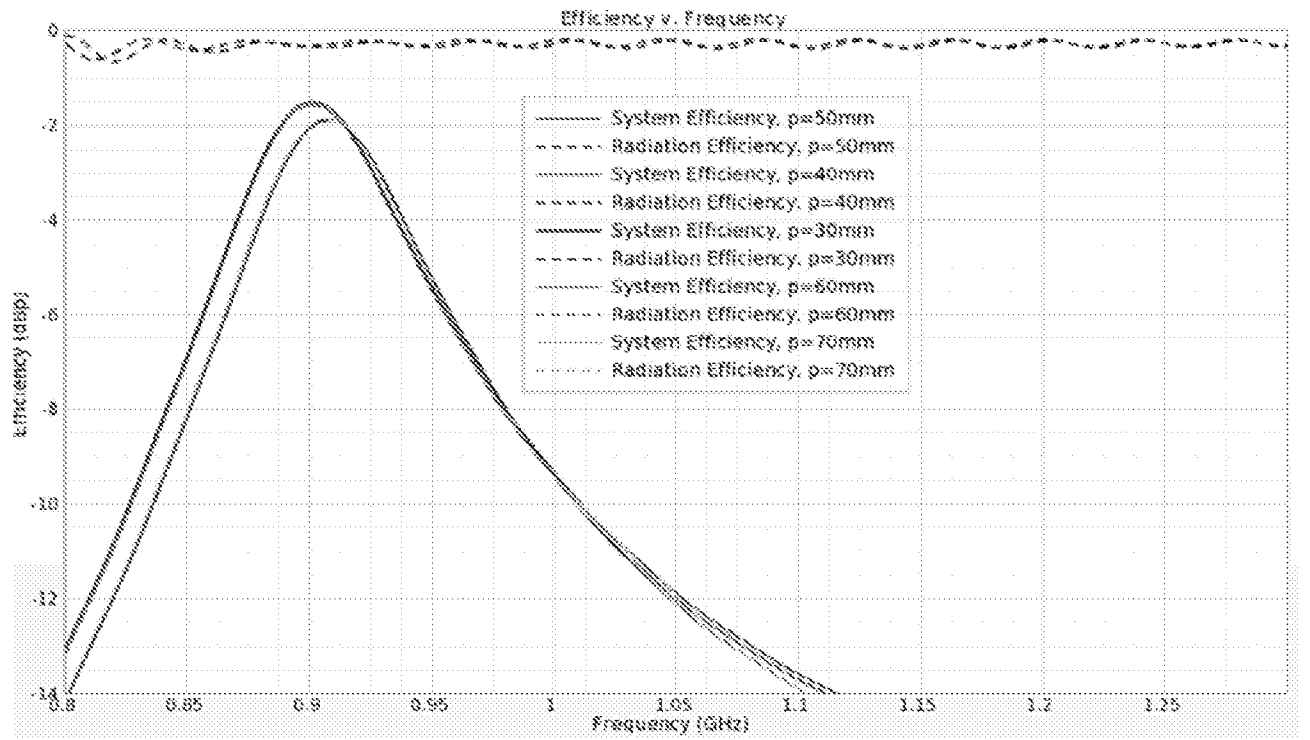


图 10B

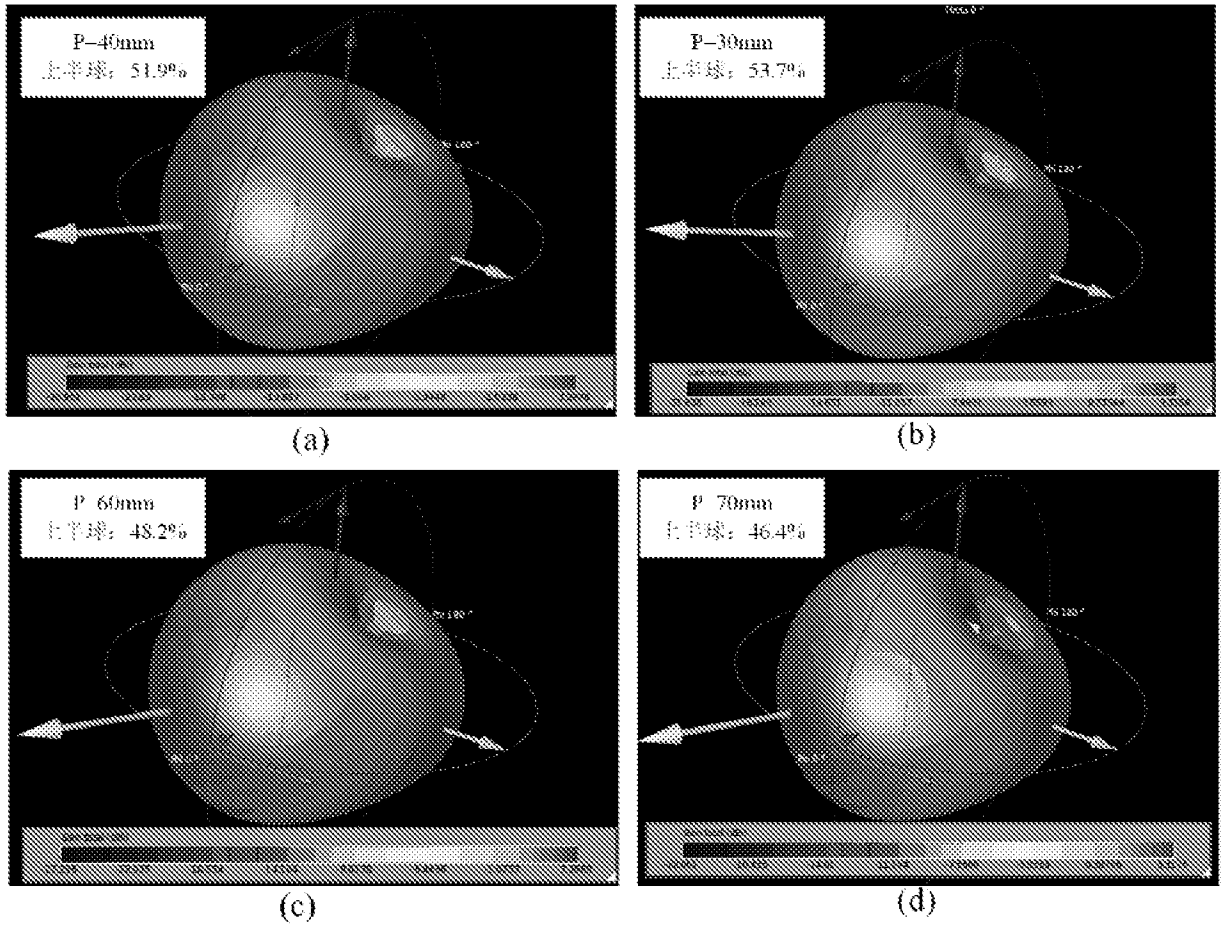


图 10C

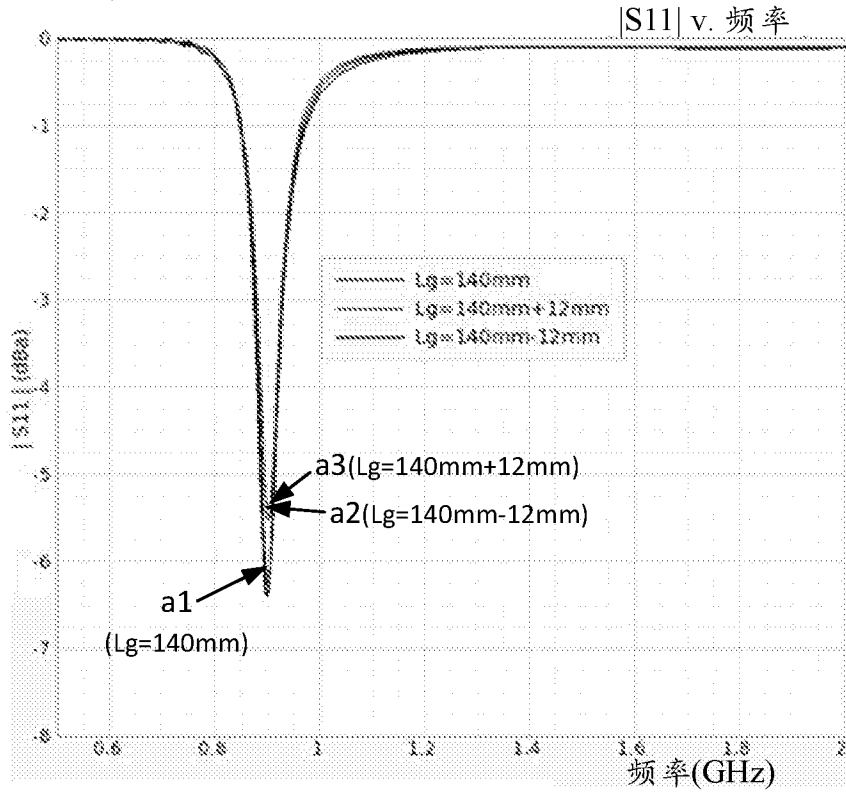


图 11A

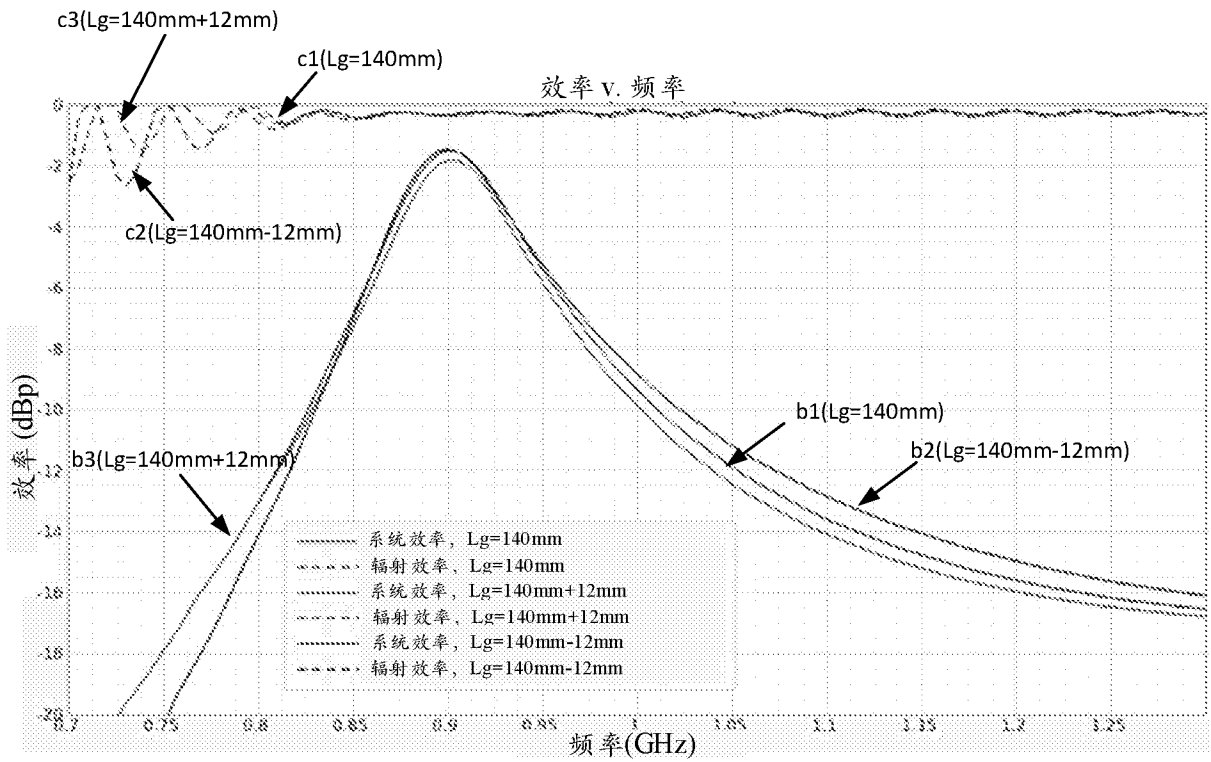


图 11B

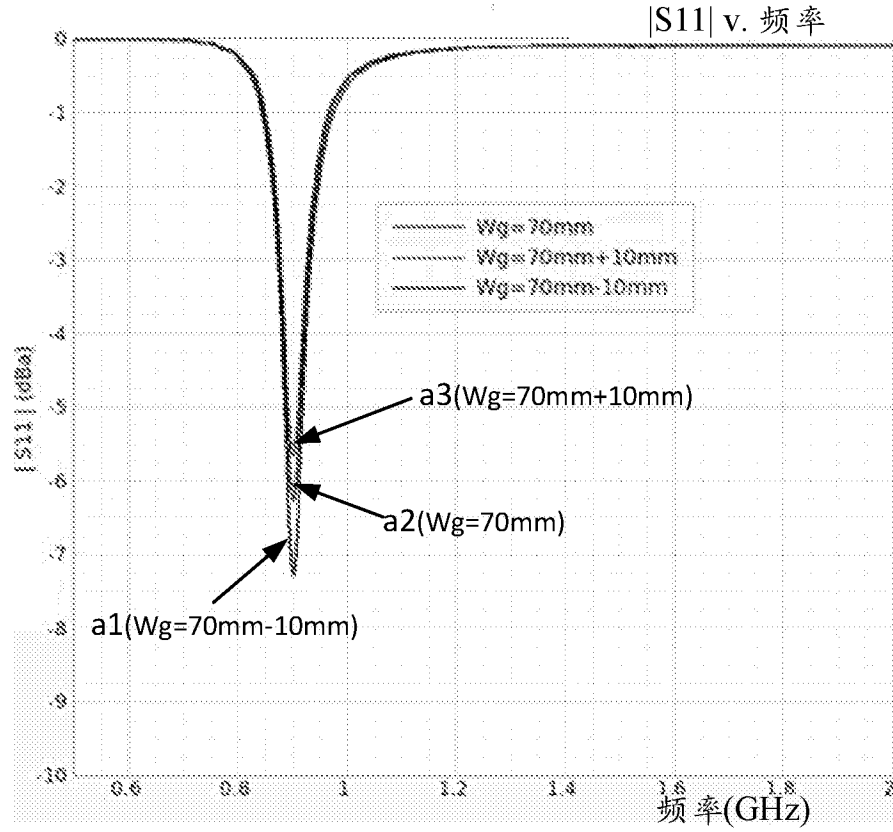


图 11C

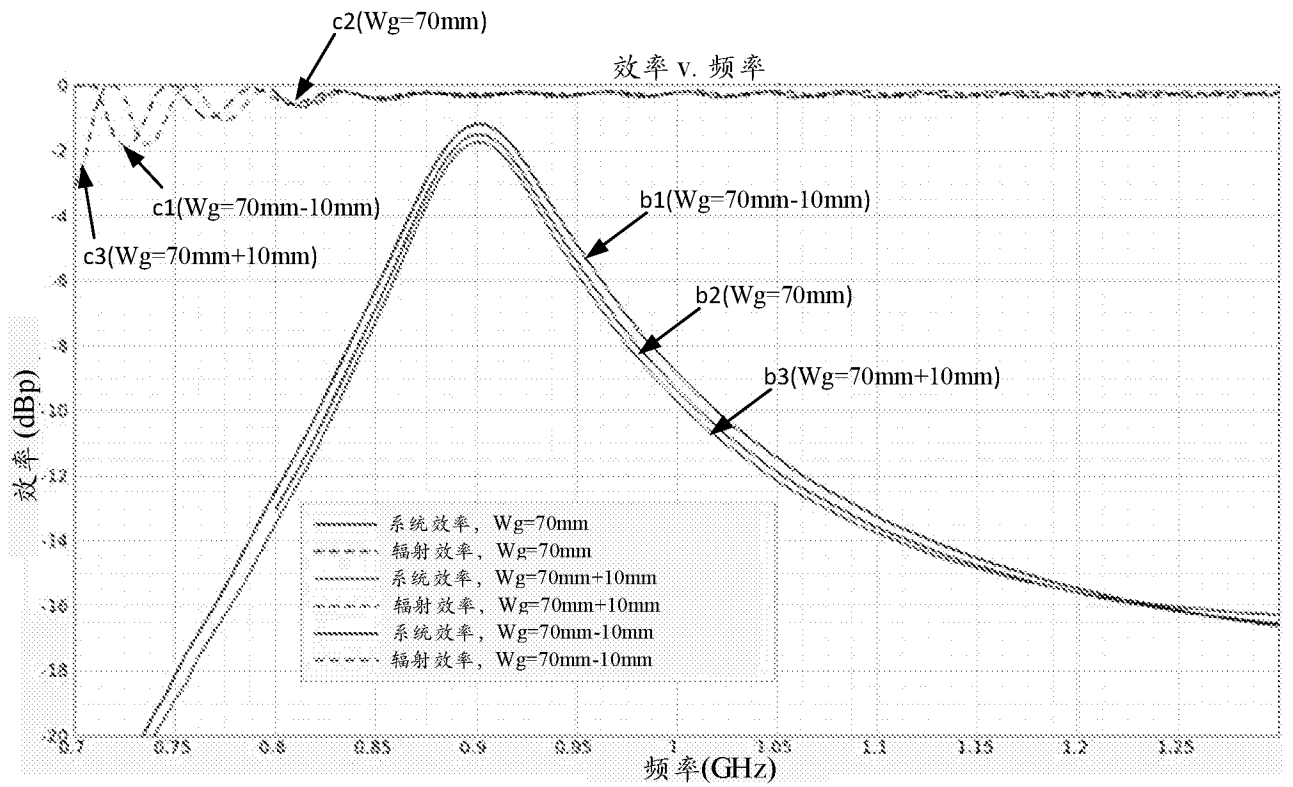


图 11D

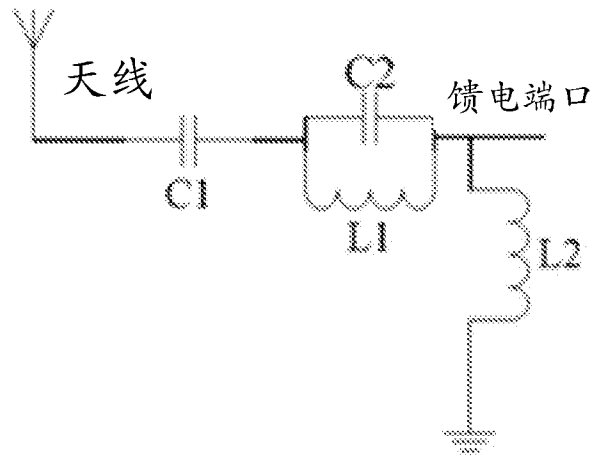


图 12A

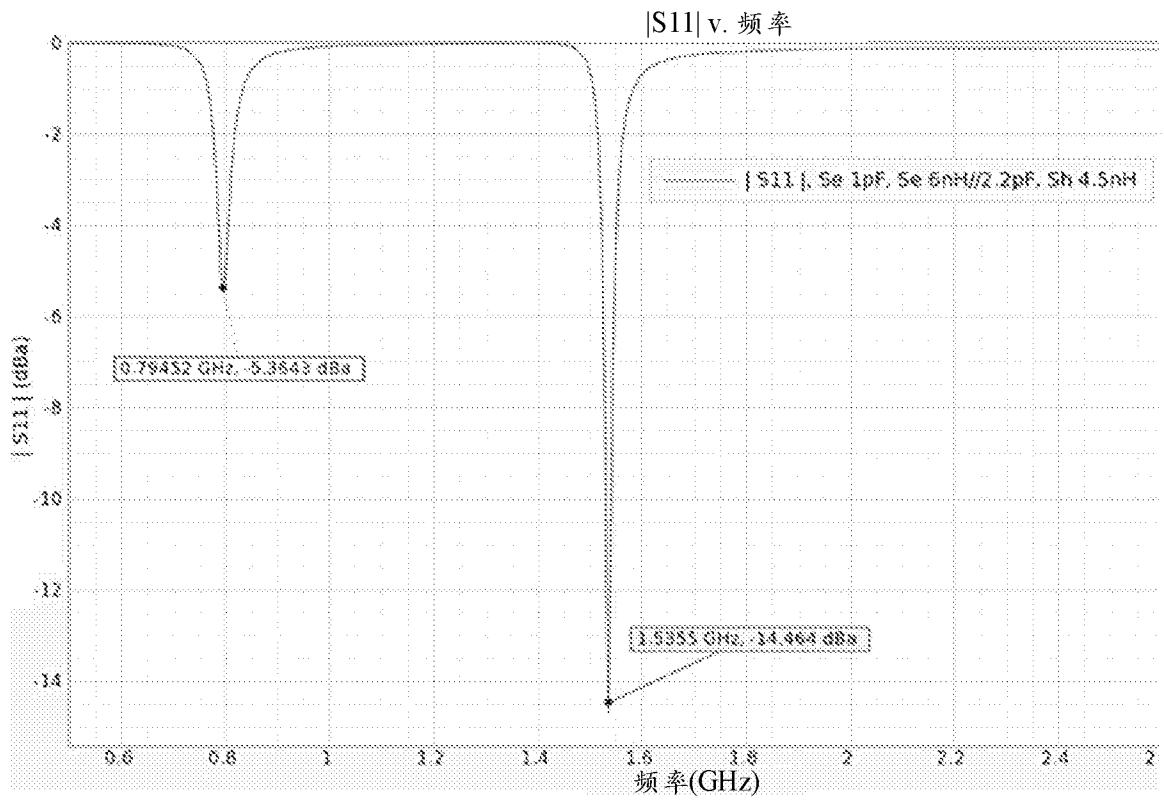


图 12B

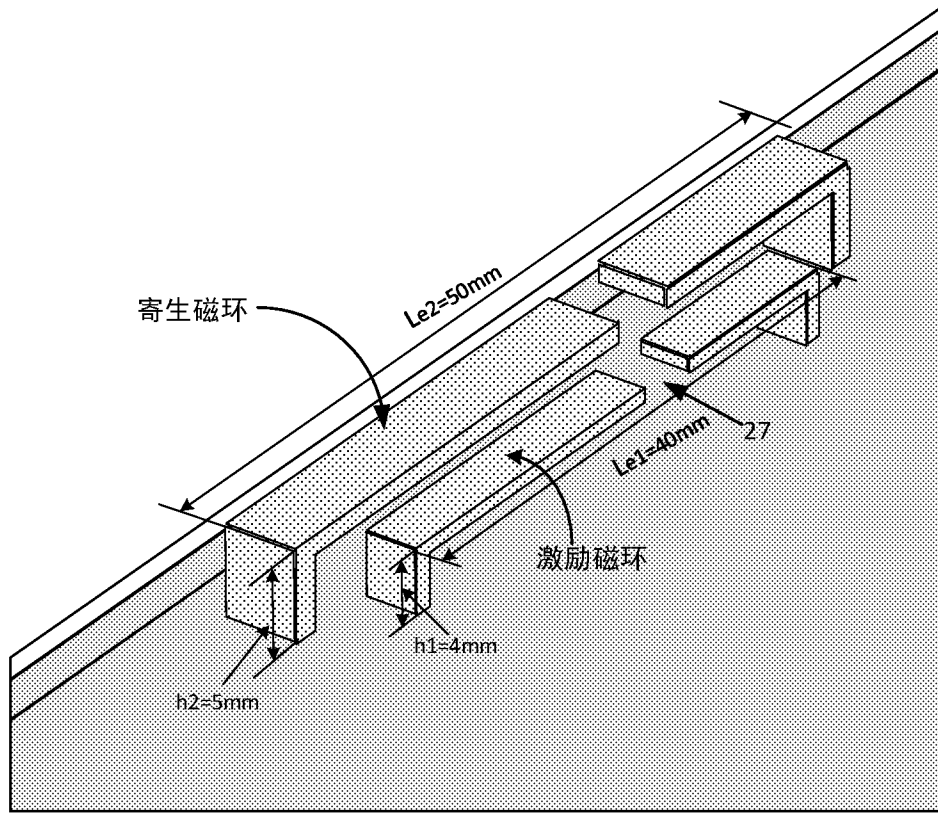


图 13A

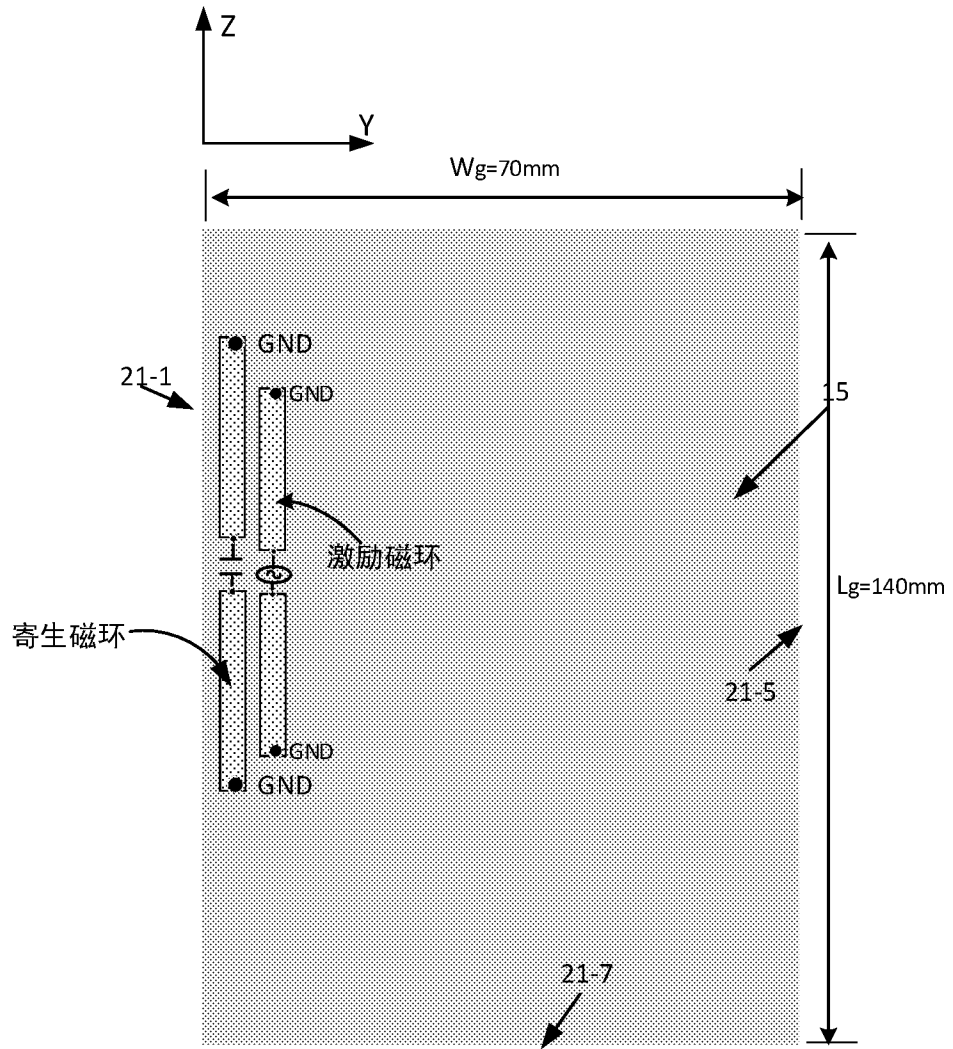


图 13B

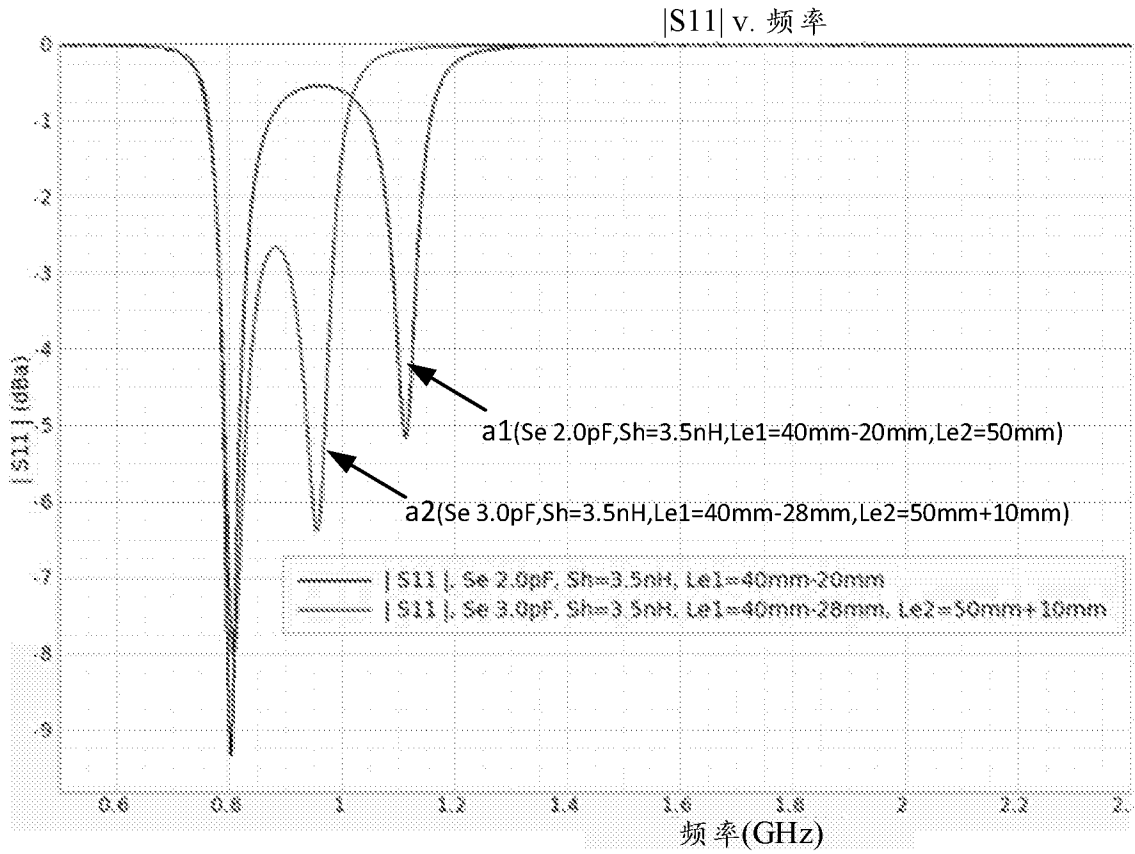


图 13C

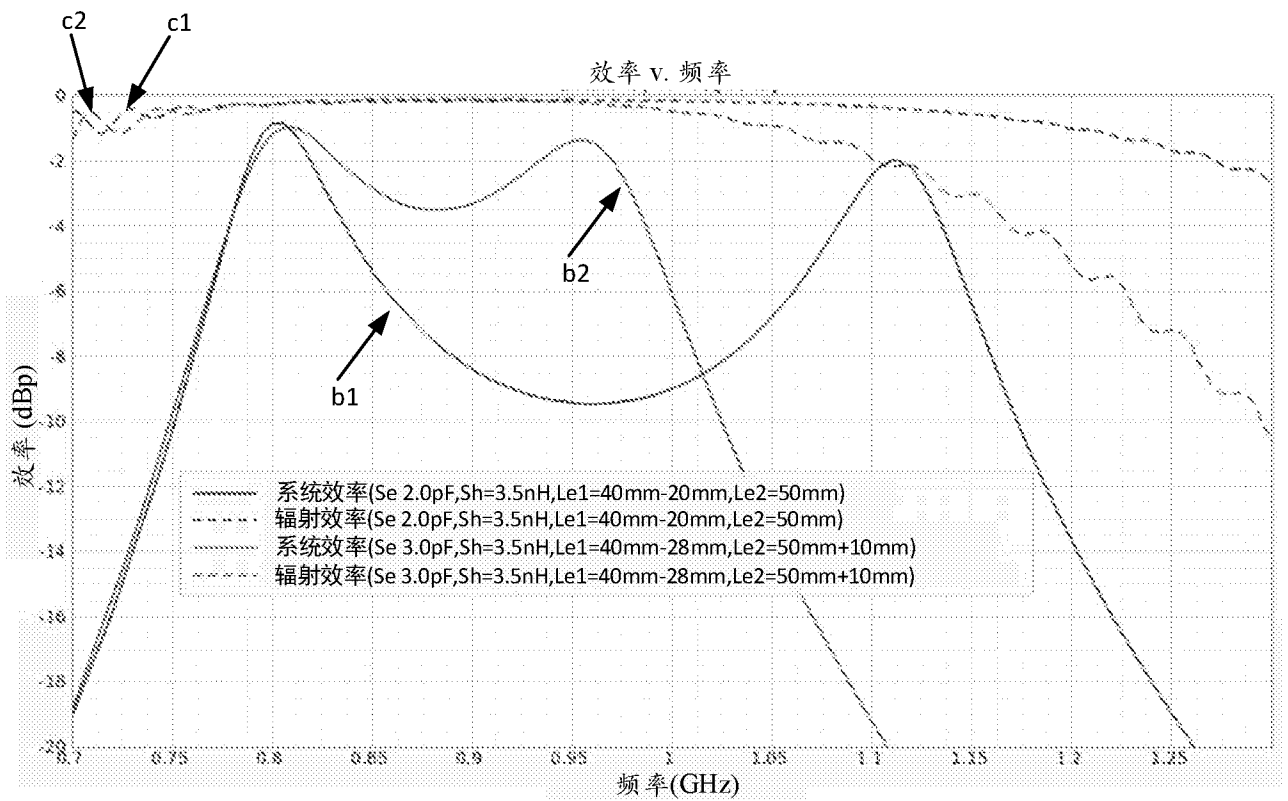


图 13D

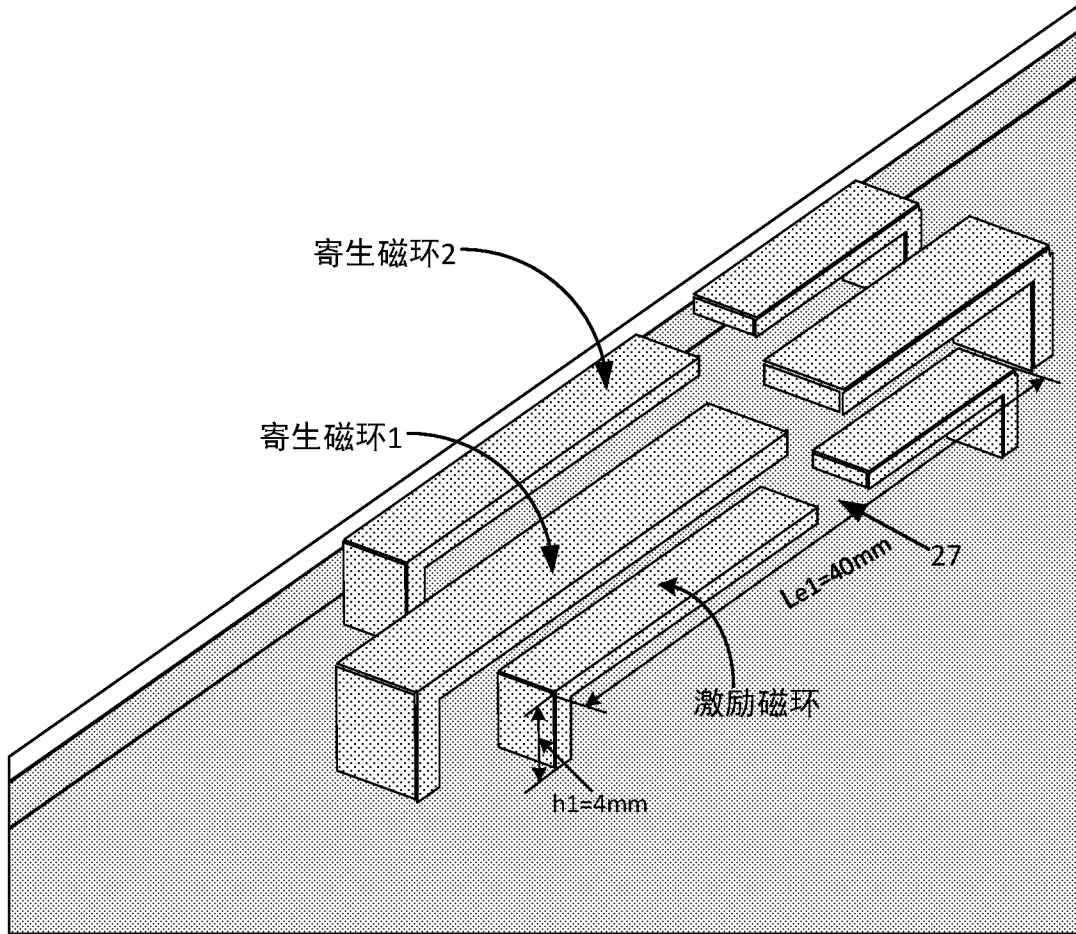


图 14

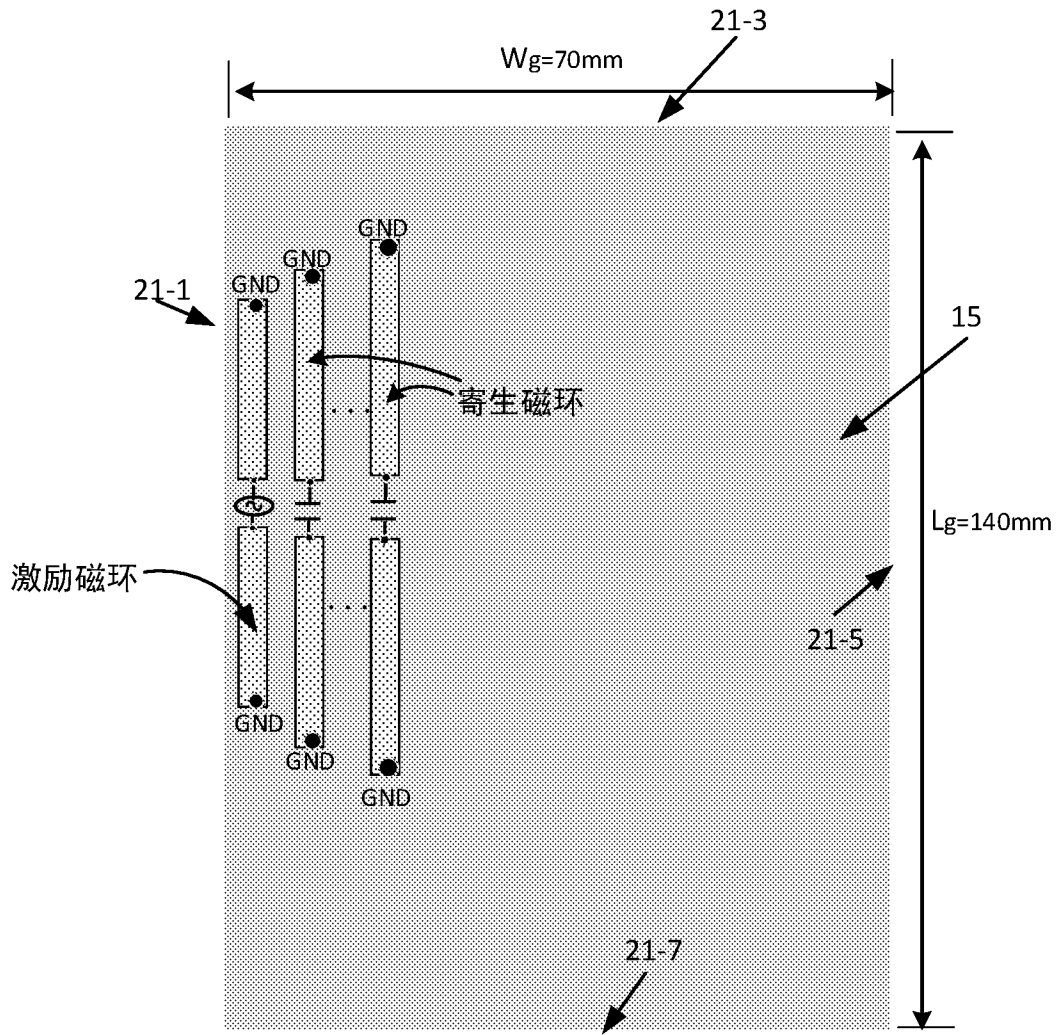


图 15A

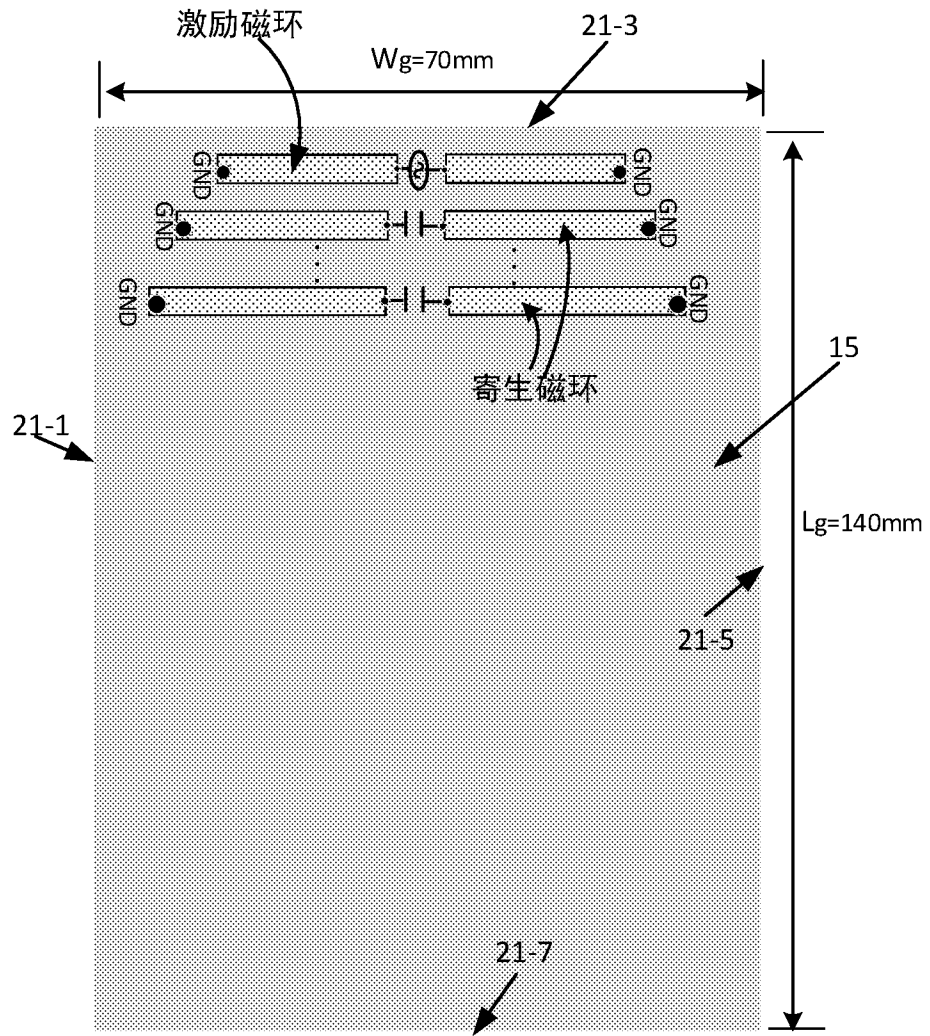


图 15B

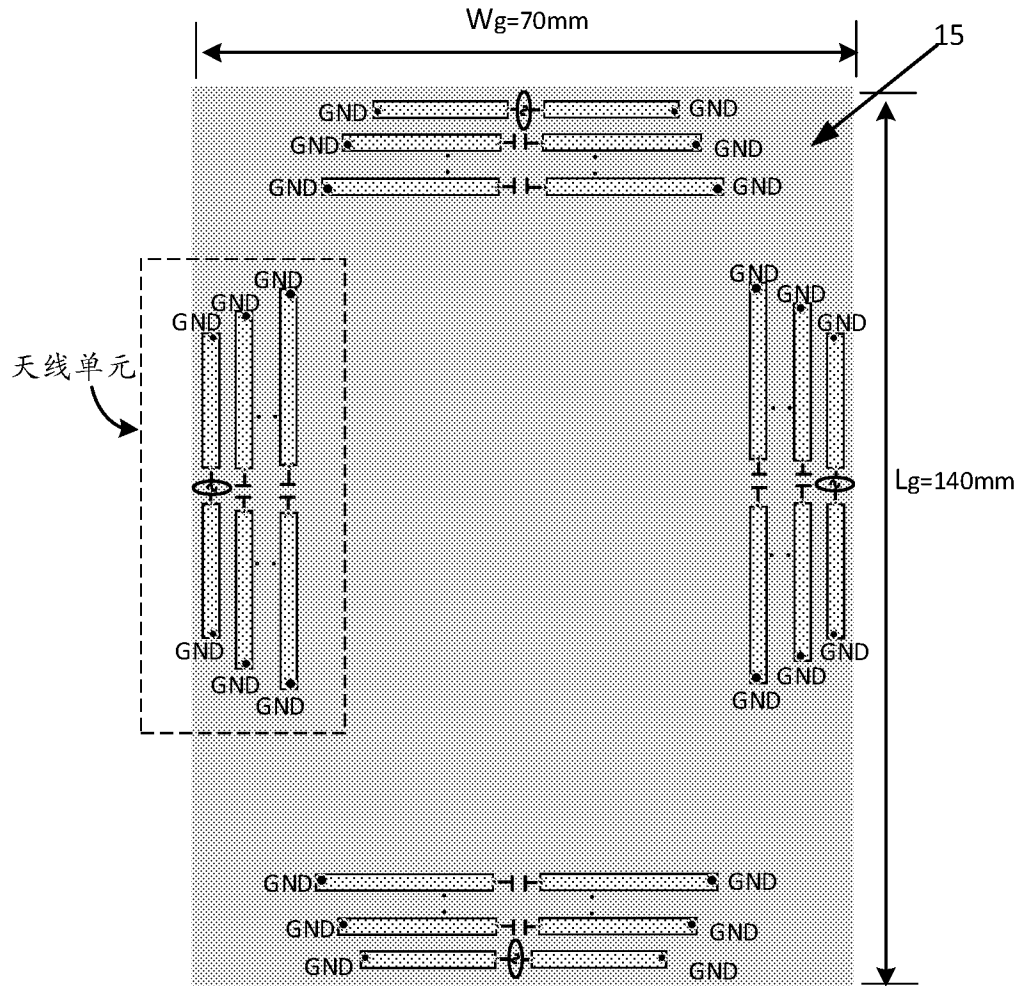


图 16

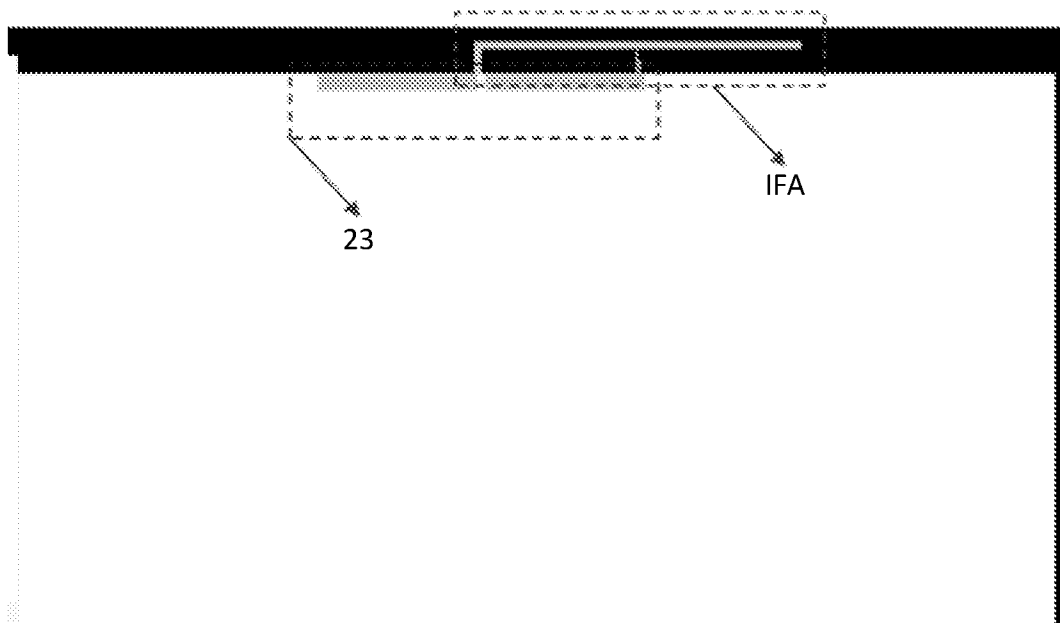


图 17A

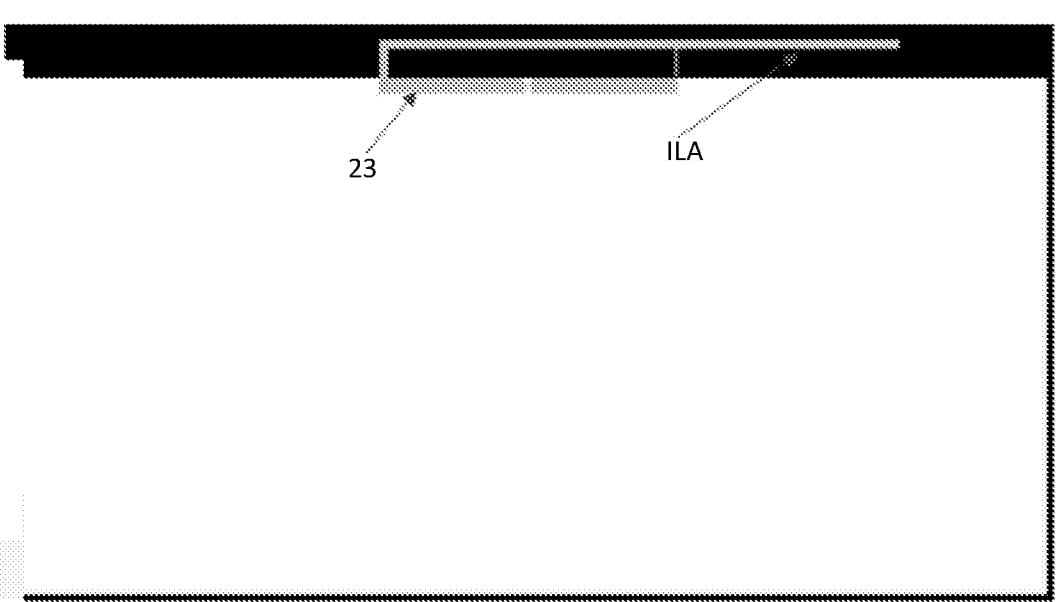


图 17B

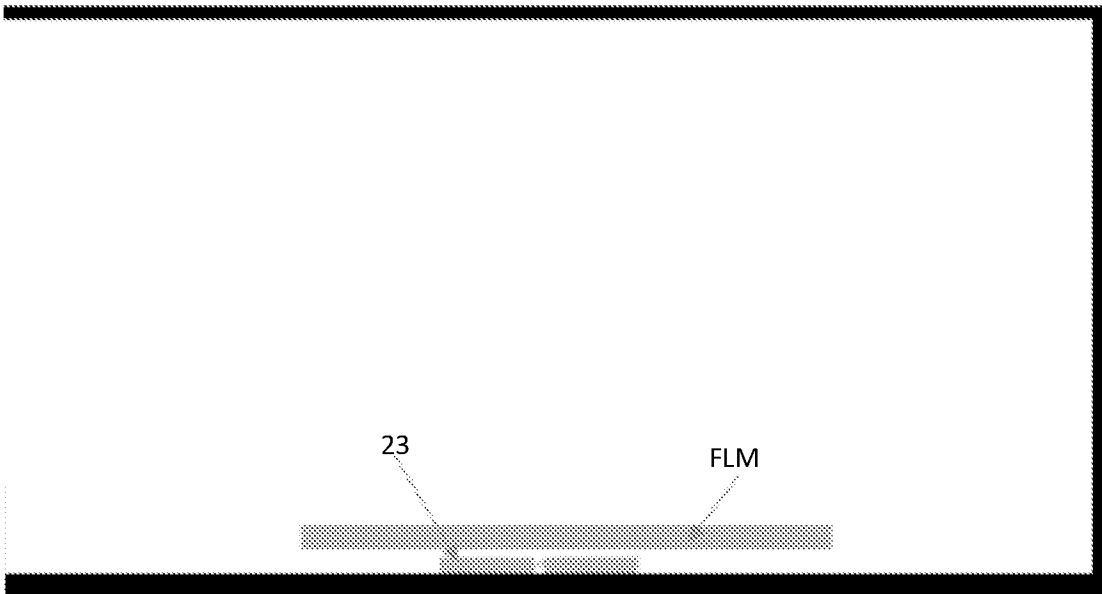


图 17C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/074578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01Q 1/22(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; H04W		
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)		
WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 地板 底板 天线 激励 辐射 寄生 枝 隙 臂 端 边 馈电 电容 距离 电感 PCB antenna excitat+ radiat+ parasitic arm end edge feeding electricity distance planer inverted F monopole loop		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 203839506 U (HUIZHOU SPEED WIRELESS TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 September 2014 (2014-09-17) description, paragraphs [0029]-[0046], and figures 1-5	1-21
A	CN 102723585 A (ZTE CORPORATION) 10 October 2012 (2012-10-10) entire document	1-21
A	CN 203690490 U (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 02 July 2014 (2014-07-02) entire document	1-21
A	CN 104901000 A (GUANGDONG OPPO MOBILE TELECOMMUNICATIONS CO., LTD.) 09 September 2015 (2015-09-09) entire document	1-21
A	US 2017324151 A1 (AAC TECHNOLOGIES PTE. LTD.) 09 November 2017 (2017-11-09) entire document	1-21
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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		Date of mailing of the international search report
24 April 2020		07 May 2020
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2020/074578

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	203839506	U	17 September 2014	None	
CN	102723585	A	10 October 2012	None	
CN	203690490	U	02 July 2014	None	
CN	104901000	A	09 September 2015	None	
US	2017324151	A1	09 November 2017	CN	105977634 A 28 September 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/074578

<p>A. 主题的分类</p> <p>H01Q 1/22 (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; H04W</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>WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI:地板 底板 天线 激励 辐射 寄生 枝 隙 臂 端 边 馈电 电容 距离 电感 PCB antenna excitat+ radiat+ parasitic arm end edge feeding electricity distance planer inverted F monopole loop</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 203839506 U (惠州硕贝德无线科技股份有限公司) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 说明书第[0029]-[0046]段, 附图1-5</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102723585 A (中兴通讯股份有限公司) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 203690490 U (广东工业大学) 2014年 7月 2日 (2014 - 07 - 02) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104901000 A (广东欧珀移动通信有限公司) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017324151 A1 (AAC TECHNOLOGIES PTE. LTD.) 2017年 11月 9日 (2017 - 11 - 09) 全文</td> <td>1-21</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 203839506 U (惠州硕贝德无线科技股份有限公司) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 说明书第[0029]-[0046]段, 附图1-5	1-21	A	CN 102723585 A (中兴通讯股份有限公司) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-21	A	CN 203690490 U (广东工业大学) 2014年 7月 2日 (2014 - 07 - 02) 全文	1-21	A	CN 104901000 A (广东欧珀移动通信有限公司) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 全文	1-21	A	US 2017324151 A1 (AAC TECHNOLOGIES PTE. LTD.) 2017年 11月 9日 (2017 - 11 - 09) 全文	1-21
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 203839506 U (惠州硕贝德无线科技股份有限公司) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 说明书第[0029]-[0046]段, 附图1-5	1-21																		
A	CN 102723585 A (中兴通讯股份有限公司) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-21																		
A	CN 203690490 U (广东工业大学) 2014年 7月 2日 (2014 - 07 - 02) 全文	1-21																		
A	CN 104901000 A (广东欧珀移动通信有限公司) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 全文	1-21																		
A	US 2017324151 A1 (AAC TECHNOLOGIES PTE. LTD.) 2017年 11月 9日 (2017 - 11 - 09) 全文	1-21																		
<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>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 4月 24日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 5月 7日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>李婷婷</p> <p>电话号码 86-(10)-53961728</p>																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/074578

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	203839506	U	2014年 9月 17日	无	
CN	102723585	A	2012年 10月 10日	无	
CN	203690490	U	2014年 7月 2日	无	
CN	104901000	A	2015年 9月 9日	无	
US	2017324151	A1	2017年 11月 9日	CN 105977634	A 2016年 9月 28日