

(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
2023 年 6 月 29 日 (29.06.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/116780 A1

(51) 国际专利分类号:
H01Q 5/10 (2015.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/140767

(22) 国际申请日: 2022 年 12 月 21 日 (21.12.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111586570.X 2021 年 12 月 23 日 (23.12.2021) 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: 叶茂 (YE, Mao); 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

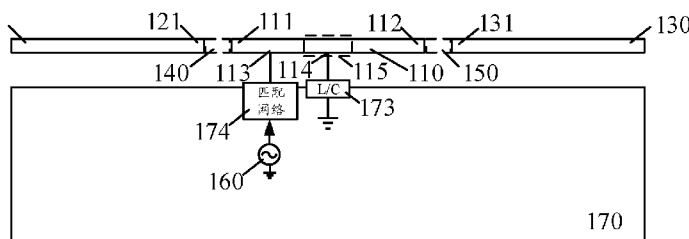
(CN)。 侯猛 (HOU, Meng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
薛亮 (XUE, Liang); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
李堃 (LI, Kun); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京龙双利达知识产权代理有限公司 (LONGSUN LEAD IP LTD.); 中国北京市海淀区北清路 81 号院二区 3 号楼 8 层 801-1 室, Beijing 100094 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,

(54) Title: ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 一种电子设备



100

图 4

174 Matching network

(57) Abstract: Embodiments of the present application provide an electronic device, comprising radiators, a feed point and a grounding point. The radiators comprise a first radiator, a second radiator, and a third radiator, wherein a first end of the first radiator is opposite to a first end of the second radiator to form a first gap, and a second end of the first radiator is opposite to a first end of the third radiator to form a second gap. The first radiator is provided with a feed point and a grounding point, the grounding point is provided in a central area of the radiators or a central area of the first radiator, and the feed point is provided between the central area and the first end of the first radiator. The gaps are formed between the plurality of radiators, so that a broadband antenna can be implemented to meet the requirements of a plurality of communication frequency bands.

(57) 摘要: 本申请实施例提供了一种电子设备, 包括辐射体、馈电点和接地点, 辐射体包括第一辐射体、第二辐射体、第三辐射体, 其中, 第一辐射体的第一端与第二辐射体的第一端相对并形成第一缝隙, 第一辐射体的第二端与第三辐射体的第一端相对并形成第二缝隙, 第一辐射体上设置馈电点和接地点, 接地点设置于辐射体的中心区域或第一辐射体的中心区域, 馈电点设置于中心区域和第一辐射体的第一端之间。多个辐射体之间形成缝隙可以实现宽带天线, 满足多个通信频段的需要。

PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,
TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种电子设备

5 本申请要求于 2021 年 12 月 23 日提交中国专利局、申请号为 202111586570.X、申请名称为“一种电子设备”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

本申请涉及无线通信领域，尤其涉及一种电子设备。

10

背景技术

随着第五代 (fifth generation, 5G) 移动通信系统的发展，电子设备中的天线对于宽带的需求越来越迫切。

15

考虑工业设计 (industrial design, ID) 以及电子设备整体的结构等因素，传统电子设备的天线通常针对小尺寸和少开缝去设计，但这种需求与天线本身作为开放系统的特质存在矛盾，制约了天线的性能。而为了改善性能使其满足日益增多的通信频段的使用条件，通常选择增加例如开关、传感器件、电路、算法等一系列辅助手段，最终天线系统的复杂度明显增加，用户体验及成本面临挑战。

20

发明内容

本申请实施例提供了一种电子设备，包括多个辐射体，该多个辐射体之间形成缝隙，实现宽带天线，满足多个通信频段的需要。

25

第一方面，提供了一种电子设备，包括：馈电点、接地点和辐射体，所述辐射体包括第一辐射体、第二辐射体、第三辐射体；其中，所述第一辐射体的第一端与所述第二辐射体的第一端相对并形成第一缝隙；所述第一辐射体的第二端与所述第三辐射体的第一端相对并形成第二缝隙；所述第一辐射体上设置所述馈电点和所述接地点；所述接地点设置于所述第一辐射体的中心区域，或，所述接地点设置于所述第一辐射体、所述第二辐射体和所述第三辐射体的中心区域；所述馈电点设置于所述中心区域和所述第一辐射体的第一端之间；所述馈电点馈入电信号时，所述第一辐射体、所述第二辐射体和所述第三辐射体共同产生至少一个谐振。

30

35

根据本申请实施例的技术方案，馈电点、接地点和辐射体作为电子设备的天线结构的一部分。通过将馈电点设置在偏离中心区域的位置，可以同时激励起天线结构的 CM 模式和 DM 模式。同时，通过调整天线结构的参数，使 CM 模式下的多阶谐振模式（例如，二分之一波长模式，二分之三波长模式等）产生的谐振频段和 DM 模式下的多阶谐振模式（例如，二分之一波长模式，二分之三波长模式等）产生的谐振频段相互靠近，通过多个谐振模式产生的临近的谐振频段拓展天线结构的带宽。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述第二辐射体和所述第三辐射体的长度相同。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述第一缝隙和所述第二缝隙的宽度

相同。

根据本申请实施例的技术方案，随着辐射体的对称性增加，天线结构的辐射特性（例如，带宽、增益等）随之增加。

5 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述第二辐射体和所述第三辐射体上未设置馈电点和接地点。

根据本申请实施例的技术方案，第二辐射体和第三辐射体上可以未设置馈电点和接地点，天线结构的结构更为简单，便于在电子设备内的布局。

10 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述馈电点馈入电信号时，所述第一辐射体、所述第二辐射体和第三辐射体共同产生第一谐振，第二谐振，第三谐振和第四谐振。

根据本申请实施例的技术方案，馈电点馈入电信号时，第一辐射体、第二辐射体和第三辐射体共同产生第一谐振（CM 模式下的二分之一波长模式），第二谐振（DM 模式下的二分之一波长模式），第三谐振（CM 模式下的二分之三波长模式）和第四谐振（DM 模式下的二分之三波长模式）。

15 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述第一谐振，所述第二谐振，所述第三谐振和所述第四谐振中任意相邻的两个谐振的谐振频段部分重叠。

20 根据本申请实施例的技术方案，天线结构可以通过多个相互靠近的谐振频段拓展天线结构的工作带宽。相邻的谐振之间的谐振频段部分重叠可以理解为：例如，第一谐振的谐振频段和第二谐振的谐振频段为相邻或相近的谐振频段。在一个实施例中，谐振频段可以理解为 $S_{11} < -4\text{dB}$ 的谐振频率范围；谐振频段部分重叠，可以理解为 $S_{11} < -4\text{dB}$ 的两个谐振频率范围中存在部分频率重合。例如，第一谐振的谐振频段包括 LTE 中的 B35（1.85-1.91GHz），第二谐振的谐振频段包括 LTE 中的 B39（1.88-1.92GHz）。第二谐振的频率低于第三谐振的频率，第二谐振的谐振频段和第三谐振的谐振频段部分重叠。

25 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述辐射体还包括第四辐射体和第五辐射体；其中，所述第四辐射体的第一端与所述第二辐射体的第二端相对并形成第三缝隙；所述第五辐射体的第一端与所述第三辐射体的第二端相对并形成第四缝隙。

30 根据本申请实施例的技术方案，利用第四辐射体与第二辐射体形成第三缝隙的以及第五辐射体与第三辐射体形成的第四缝隙，可以进一步增加天线结构产生的更高阶的谐振模式（将更高阶的谐振模式与原有的谐振模式相互靠近），例如，CM 模式和 DM 模式下的二分之五波长模式，进一步拓展天线结构的工作带宽。应理解，天线结构的辐射体可以包括多个辐射体，并不仅仅局限于本申请实施例所提供的三个辐射体或五个辐射体，可以根据实际的生产或设计需求进行调整，本申请对此并不做限制。

35 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述馈电点馈入电信号时，所述第一辐射体、所述第二辐射体、所述第三辐射体、所述第四辐射体和所述第五辐射体共同产生所述至少一个谐振。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述馈电点馈入电信号时，所述第一辐射体、所述第二辐射体、所述第三辐射体、所述第四辐射体和所述第五辐射体共同产生第一谐振，第二谐振，第三谐振，第四谐振，第五谐振和第六谐振。

40 根据本申请实施例的技术方案，馈电点馈入电信号时，第一辐射体、第二辐射体、第三辐射体、第四辐射体和第五辐射体共同产生第一谐振（CM 模式下的二分之一波长模式），

第二谐振（DM 模式下的二分之一波长模式），第三谐振（CM 模式下的二分之三波长模式），第四谐振（DM 模式下的二分之三波长模式），第五谐振（CM 模式下的二分之五波长模式）和第六谐振（DM 模式下的二分之五波长模式）。

5 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述第一谐振，所述第二谐振，所述第三谐振，所述第四谐振，所述第五谐振和所述第六谐振中任意相邻的两个谐振的谐振频段部分重叠。

根据本申请实施例的技术方案，天线结构可以通过多个相互靠近的谐振频段拓展天线结构的工作带宽。

10 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述电子设备还包括边框，所述边框的一部分上依次具有第一位置，第二位置，第三位置和第四位置，其中，所述第一位置和所述第二位置之间的边框作为所述第二辐射体，所述第二位置和所述第三位置之间的边框作为所述第一辐射体，所述第三位置和所述第四位置之间的边框作为所述第三辐射体；所述边框的第二位置处开设有所述第一缝隙；所述边框的第三位置处开设有所述第二缝隙。

15 根据本申请实施例的技术方案，天线结构可以包括边框天线，可以利用多段边框作为天线结构的多个辐射体，例如第一辐射体、第二辐射体和第三辐射体，以形成第一缝隙和第二缝隙。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述电子设备还包括印刷电路板 PCB；所述第一辐射体、所述第二辐射体和所述第三辐射体与所述 PCB 之间设置有第一介质。

20 根据本申请实施例的技术方案，天线结构的辐射体（例如，第一辐射体、第二辐射体和第三辐射体）与 PCB 之间可以设置有第一介质，例如，在一个实施例中，第一介质可以为 FR-4，以增强天线结构的辐射部分的机械强度。并且，随着第一介质的介电常数的增加，在保持天线结构的辐射体电长度不变的情况下，辐射部分的长度（物理长度）可以进一步缩减，减少天线结构辐射体占用的体积。

25 结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述电子设备还包括印刷电路板 PCB；其中，所述 PCB 包括层叠设置的第一介质板和第二介质板；所述第一辐射体设置于所述第一介质板和所述第二介质板之间；所述第二辐射体设置于所述第一介质板的上表面；所述第三辐射体设置于所述第二介质板的下表面；所述第一辐射体的第一端与所述第二辐射体的第一端在第一方向上的投影至少部分重合，并形成所述第一缝隙，所述第一方向为垂直于所述第一介质板或所述第二介质板所在平面的方向；所述第一辐射体的第二端与所述第三辐射体的第一端在所述第一方向上的投影至少部分重合，并形成所述第二缝隙。

30 根据本申请实施例的技术方案，天线结构可以包括 PCB 天线，可以利用 PCB 中多个介质板的层叠结构形成第一缝隙和第二缝隙。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述第一缝隙或所述第二缝隙内设置有第二介质。

35 根据本申请实施例的技术方案，可以通过以下方式改变第一缝隙或第二缝隙的电容值，从而控制第二辐射体和第三辐射体由第一辐射体耦合到的能量：（1）在第一缝隙和第二缝隙内设置有第二介质。（2）调整第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的宽度。（3）调整第一缝隙和第二缝隙两侧的辐射体的正对面积。或者，在一个实施例中，也可以在第一缝隙和第二缝隙内均设置有电容，电容的两端分别与缝隙两侧辐射体电连接，以实现第一缝隙和
40 第二缝隙的电容值的改变。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述电子设备还包括接地元件，所述接地元件的一端在所述接地点处与所述第一辐射体电连接，所述接地元件的另一端接地。

根据本申请实施例的技术方案，所述接地元件可以作为天线结构的一部分。通过在接地点串联接地元件，接地点处的电特性发生变化，接地点处的电特性变化会引起 CM 模式的谐振频段的改变。但是对于 DM 模式来说，其在接地元件与第一辐射体的连接处并非电流零点，不受接地点处的电特性变化的干扰。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述接地元件为电容。

根据本申请实施例的技术方案，接地元件可以是电容或电感中的至少一个，当接地元件为电容时，其电容值可以介于 0.1pF 至 100pF 之间，可以根据实际的生产或设计调整电容的电容值。或者，接地元件也可以是由多个电子元件组成的阻抗网络，本申请对此并不做限制。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，所述电子设备还包括匹配网络和馈电单元，所述匹配网络的一端在所述馈电点处与所述第一辐射体电连接，所述匹配网络的另一端与所述馈电单元电连接。

根据本申请实施例的技术方案，匹配网络和馈电单元可以作为天线结构的一部分。匹配网络可以用于将馈电单元中的电信号与天线结构的辐射部分的阻抗特性之间相互匹配，使电信号的传输损耗和失真减少到最小，以提升天线结构的辐射特性。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的电子设备的示意图。

图 2 是本申请提供的一种线天线的共模模式的结构及对应的电流、电场的分布示意图。

图 3 是本申请提供的一种线天线的差模模式的结构及对应的电流、电场的分布示意图。

图 4 是本申请实施例提供的一种天线结构 100 的结构示意图。

图 5 是本申请实施例提供的另一种天线结构 100 的结构示意图。

图 6 是本申请实施例提供的又一种天线结构 100 的结构示意图。

图 7 是本申请实施例提供的又一种天线结构 100 的结构示意图。

图 8 所示的天线结构为本申请实施例提供的天线结构 101。

图 9 所示的天线结构作为对比的天线结构 102。

图 10 是图 8 和图 9 所示天线结构产生的谐振的分布示意图。

图 11 是图 8 和图 9 所示的天线结构的 S11 仿真结果图。

图 12 是图 8 和图 9 所示的天线结构的辐射效率 (radiation efficiency) 和系统效率 (total efficiency) 的仿真结果图。

图 13 是本申请实施例提供的天线结构的电流分布示意图。

图 14 是本申请实施例提供的缝隙宽度不同的天线结构的 S11 仿真结果图。

图 15 是本申请实施例提供的接地元件的电参数不同的天线结构的 S11 仿真结果图。

图 16 是本申请实施例提供的一种天线结构 200 的结构示意图。

图 17 是图 16 所示的天线结构的 S11 仿真结果图。

图 18 是图 16 所示的天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。

图 19 是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。

具体实施方式

以下,对本申请实施例可能出现的术语进行解释。

耦合:可理解为直接耦合和/或间接耦合,“耦合连接”可理解为直接耦合连接和/或间接耦合连接。直接耦合又可以称为“电连接”,理解为元器件物理接触并电导通;也可理解为线路构造中不同元器件之间通过印制电路板(printed circuit board, PCB)铜箔或导线等可传输电信号的实体线路进行连接的形式;“间接耦合”可理解为两个导体通过隔空/不接触的方式电导通。在一个实施例中,间接耦合也可以称为电容耦合,例如通过两个导电件间隔的间隙之间的耦合形成等效电容来实现信号传输。

连接/相连:可以指一种机械连接关系或物理连接关系,例如,A与B连接或A与B相连可以指,A与B之间存在紧固的构件(如螺钉、螺栓、铆钉等),或者A与B相互接触且A与B难以被分离。

接通:通过以上“电连接”或“间接耦合”的方式使得两个或两个以上的元器件之间导通或连通来进行信号/能量传输,都可称为接通。

相对/相对设置:A与B相对设置可以是指A与B面对面(opposite to,或是face to face)设置。

电容:可理解为集总电容和/或分布电容。集总电容指的是呈容性的元器件,例如电容元件;分布电容(或分布式电容)指的是两个导电件间隔一定间隙而形成的等效电容。

谐振/谐振频率:谐振频率又叫共振频率。谐振频率可以指天线输入阻抗虚部为零处的频率。谐振频率可以有一个频率范围,即,发生共振的频率范围。共振最强点对应的频率就是中心频率-点频率。中心频率的回波损耗特性可以小于-20dB。

谐振频段/通信频段/工作频段:无论何种类型的天线,总是在一定的频率范围(频段宽度)内工作。例如,支持B40频段的的天线,其工作频段包括2300MHz~2400MHz范围内的频率,或者是说,该天线的工作频段包括B40频段。满足指标要求的频率范围可以看作天线的工作频段。

电长度:电长度可以是指,物理长度(即机械长度或几何长度)乘以电或电磁信号在媒介中的传输时间与这一信号在自由空间中通过跟媒介物理长度一样的距离时所需的时间的比来表示,电长度可以满足以下公式:

$$\overline{L} = L \times \frac{a}{b};$$

其中,L为物理长度,a为电或电磁信号在媒介中的传输时间,b为在自由空间中的传输时间。

或者,电长度也可以是指物理长度(即机械长度或几何长度)与所传输电磁波的波长之比,电长度可以满足以下公式:

$$\overline{L} = \frac{L}{\lambda};$$

其中,L为物理长度, λ 为电磁波的波长。

在本申请的一些实施例中,辐射体的物理长度,可以理解为辐射体的电长度 $\pm 10\%$ 。

本申请的实施例中,天线的某种波长模式(如二分之一波长模式等)中的波长可以是指该天线辐射的信号的波长。例如,悬浮金属天线的二分之一波长模式可产生1.575GHz频段的谐振,其中二分之一波长模式中的波长是指天线辐射1.575GHz频段的信号的波长。

应理解的是，辐射信号在空气中的波长可以如下计算：波长=光速/频率，其中频率为辐射信号的频率。辐射信号在介质中的波长可以如下计算：波长=（光速/ $\sqrt{\epsilon}$ ）/频率，其中， ϵ 为该介质的相对介电常数，频率为辐射信号的频率。以上实施例中的缝隙、槽中可以填充绝缘介质。

5 波长：或者工作波长，可以是谐振频率的中心频率对应的波长或者天线所支持的工作频段的中心频率。例如，假设 B1 上行频段（谐振频率为 1920 MHz 至 1980 MHz）的中心频率为 1955MHz，那工作波长可以为利用 1955MHz 这个频率计算出来的波长。不限于中心频率，“工作波长”也可以是指谐振频率或工作频段的非中心频率对应的波长。

10 本申请实施例中提及的中间或中间位置等这类关于位置、距离的限定，均是针对当前工艺水平而言的，而不是数学意义上绝对严格的定义。例如，导体的中间（位置）可以是指导体上包括中点的一段导体部分，可以是包括该导体中点的一段八分之一波长的导体部分，其中，波长可以是天线的工作频段对应的波长，可以是工作频段的中心频率对应的波长，或者，谐振点对应的波长。又例如，导体的中间（位置）可以是指导体上距离中点小于预定阈值（例如，1mm，2mm，或 2.5mm）的一段导体部分。

15 本申请实施例中提及的共线、共轴、共面、对称（例如，轴对称、或中心对称等）、平行、垂直、相同（例如，长度相同、宽度相同等等）等这类限定，均是针对当前工艺水平而言的，而不是数学意义上绝对严格的定义。共线的两个辐射枝节或者两个天线单元的边缘之间在线宽方向上可以存在小于预定阈值（例如 1mm，0.5mm，或 0.1mm）的偏差。共面的两个辐射枝节或者两个天线单元的边缘之间在垂直于其共面平面的方向上可以存在小于预定阈值（例如 1mm，0.5mm，或 0.1mm）的偏差。相互平行的两个天线单元之间可以存在预定角度（例如 $\pm 5^\circ$ ， $\pm 10^\circ$ ）的偏差。只要在上述偏差范围内，都可以被认为属于共线或者平行。

20 本申请实施例中提及的电流同向/反向分布，应理解为在同一侧的导体上主要电流的方向为同向/反向的。例如，在呈环状的导体上激励同向分布电流（例如，电流路径也是环状的）时，应可理解，环状导体中两侧的导体上（例如围绕一缝隙的导体，在该缝隙两侧的导体上）激励的主要电流虽然从方向上看为反向的，其仍然属于本申请中对于同向分布电流的定义。天线系统效率（total efficiency）：指在天线的端口处输入功率与输出功率的比值。

25 天线辐射效率（radiation efficiency）：指天线向空间辐射出去的功率（即有效地转换电磁波部分的功率）和输入到天线的有功功率之比。其中，输入到天线的有功功率=天线的输入功率-损耗功率；损耗功率主要包括回波损耗功率和金属的欧姆损耗功率和/或介质损耗功率。辐射效率是衡量天线辐射能力的值，金属损耗、介质损耗均是辐射效率的影响因素。

30 本领域技术人员可以理解，效率一般是用百分比来表示，其与 dB 之间存在相应的换算关系，效率越接近 0dB，表征该天线的效率越优。

35 天线回波损耗：可以理解为经过天线电路反射回天线端口的信号功率与天线端口发射功率的比值。反射回来的信号越小，说明通过天线向空间辐射出去的信号越大，天线的辐射效率越大。反射回来的信号越大，说明通过天线向空间辐射出去的信号越小，天线的辐射效率越小。

40 天线回波损耗可以用 S11 参数来表示，S11 属于 S 参数中的一种。S11 表示反射系数，

此参数能够表征天线发射效率的优劣。S11 参数通常为负数，S11 参数越小，表示天线回波损耗越小，天线本身反射回来的能量越小，也就是代表实际上进入天线的能量就越多，天线的系统效率越高；S11 参数越大，表示天线回波损耗越大，天线的系统效率越低。

需要说明的是，工程上一般以 S11 值为 -4dB 作为标准，当天线的 S11 值小于 -4dB 时，

电磁波吸收比值 (specific absorption rate, SAR)：是计量多少无线电频率辐射能量被身体所实际吸收的表示单位，称作特殊吸收比率，以瓦特/每千克(W/kg)或毫瓦/每克(mW/g)来表示。SAR 的准确定义是：给定的物质密度 (ρ —人体组织密度) 下的单位体积单元 (dv) 单位物质 (dm) 吸收的单位能量 (dw) 相对于时之间取导数。

地 (地板)：可泛指电子设备 (比如手机) 内任何接地层、或接地板、或接地金属层等的至少一部分，或者上述任何接地层、或接地板、或接地部件等的任意组合的至少一部分，“地”可用于电子设备内元器件的接地。一个实施例中，“地”可以是电子设备的电路板的接地层，也可以是电子设备中框形成的接地板或屏幕下方的金属薄膜形成的接地金属层。一个实施例中，电路板可以是印刷电路板 (printed circuit board, PCB)，例如具有 8、10、12、13 或 14 层导电材料的 8 层、10 层或 12 至 14 层板，或者通过诸如玻璃纤维、聚合物等之类的介电层或绝缘层隔开和电绝缘的元件。一个实施例中，电路板包括介质基板、接地层和走线层，走线层和接地层通过过孔进行电连接。一个实施例中，诸如显示器、触摸屏、输入按钮、发射器、处理器、存储器、电池、充电电路、片上系统 (system on chip, SoC) 结构等部件可以安装在电路板上或连接到电路板；或者电连接到电路板中的走线层和/或接地层。例如，射频源设置于走线层。

上述任何接地层、或接地板、或接地金属层由导电材料制得。一个实施例中，该导电材料可以采用以下材料中的任一者：铜、铝、不锈钢、黄铜和它们的合金、绝缘基片上的铜箔、绝缘基片上的铝箔、绝缘基片上的金箔、镀银的铜、绝缘基片上的镀银铜箔、绝缘基片上的银箔和镀锡的铜、浸渍石墨粉的布、涂覆石墨的基片、镀铜的基片、镀黄铜的基片和镀铝的基片。本领域技术人员可以理解，接地层/接地板/接地金属层也可由其它导电材料制得。

本申请的实施例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 (blue-tooth, 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, WiFi) 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 通信技术以及未来其他通信技术等。本申请实施例中的电子设备可以是手机、平板电脑、笔记本电脑、智能家居、智能手环、智能手表、智能头盔、智能眼镜等。电子设备还可以是蜂窝电话、无绳电话、会话启动协议 (session initiation protocol, SIP) 电话、无线本地环路 (wireless local loop, WLL) 站、个人数字助手 (personal digital assistant, PDA)、具有无线通信功能的手持设备、计算设备或连接到无线调制解调器的其它处理设备、车载设备、5G 网络中的电子设备或者未来演进的公用陆地移动通信网络 (public land mobile network, PLMN) 中的电子设备等，本申请实施例对此并不限定。图 1 示例性示出了本申请实施例提供的电子设备，以电子设备为手机进行说明。

下面将结合附图，对本申请实施例的技术方案进行描述。

如图 1 所示, 电子设备 10 可以包括: 盖板 (cover) 13、显示屏/模组 (display) 15、印刷电路板 (printed circuit board, PCB) 17、中框 (middle frame) 19 和后盖 (rear cover) 21。应理解, 在一些实施例中, 盖板 13 可以是玻璃盖板 (cover glass), 也可以被替换为其他材料的盖板, 例如超薄玻璃材料盖板, PET (Polyethylene terephthalate, 聚对苯二甲酸乙二酯) 材料盖板等。

其中, 盖板 13 可以紧贴显示模组 15 设置, 可主要用于对显示模组 15 起到保护、防尘作用。

在一个实施例中, 显示模组 15 可以包括液晶显示面板 (liquid crystal display, LCD), 发光二极管 (light emitting diode, LED) 显示面板或者有机发光半导体 (organic light-emitting diode, OLED) 显示面板等, 本申请对此并不做限制。

中框 19 主要起整机的支撑作用。图 1 中示出 PCB17 设于中框 19 与后盖 21 之间, 应可理解, 在一个实施例中, PCB17 也可设于中框 19 与显示模组 15 之间, 本申请对此并不做限制。其中, 印刷电路板 PCB17 可以采用耐燃材料 (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 介质板是一种高频板。PCB17 上承载电子元件, 例如, 射频芯片等。在一个实施例中, 印刷电路板 PCB17 上可以设置一金属层。该金属层可用于印刷电路板 PCB17 上承载的电子元件接地, 也可用于其他元件接地, 例如支架天线、边框天线等, 该金属层可以称为地板, 或接地板, 或接地层。在一个实施例中, 该金属层可以通过在 PCB17 中的任意一层介质板的表面蚀刻金属形成。在一个实施例中, 用于接地的该金属层可以设置在印刷电路板 PCB17 上靠近中框 19 的一侧。在一个实施例中, 印刷电路板 PCB17 的边缘可以看作其接地层的边缘。可以在一个实施例中, 金属中框 19 也可用于上述元件的接地。电子设备 10 还可以具有其他地板/接地板/接地层, 如前所述, 此处不再赘述。

其中, 电子设备 10 还可以包括电池 (图中未示出)。电池可以设置于中框 19 与后盖 21 之间, 或者可设于中框 19 与显示模组 15 之间, 本申请对此并不做限制。在一些实施例中, PCB17 分为主板和子板, 电池可以设于所述主板和所述子板之间, 其中, 主板可以设置于中框 19 和电池的上边沿之间, 子板可以设置于中框 19 和电池的下边沿之间。

电子设备 10 还可以包括边框 11, 边框 11 可以由金属等导电材料形成。边框 11 可以设于显示模组 15 和后盖 21 之间并绕电子设备 10 的外围周向延伸。边框 11 可以具有包围显示模组 15 的四个侧边, 帮助固定显示模组 15。在一种实现方式中, 金属材料制成的边框 11 可以直接用作电子设备 10 的金属边框, 形成金属边框的外观, 适用于金属工业设计 (industrial design, ID)。在另一种实现方式中, 边框 11 的外表面还可以为非金属材料, 例如塑料边框, 形成非金属边框的外观, 适用于非金属 ID。

中框 19 可以包括边框 11, 包括边框 11 的中框 19 作为一体件, 可以对整机中的电子器件起支撑作用。盖板 13、后盖 21 分别沿边框的上下边沿盖合从而形成电子设备的外壳或壳体 (housing)。在一个实施例中, 盖板 13、后盖 21、边框 11 和/或中框 19, 可以统称为电子设备 10 的外壳或壳体。应可理解, “外壳或壳体” 可以用于指代盖板 13、后盖 21、边框 11 或中框 19 中任一个的部分或全部, 或者指代盖板 13、后盖 21、边框 11 或中框 19 中任意组合的部分或全部。

或者, 可以不将边框 11 看做中框 19 的一部分。在一个实施例中, 边框 11 可以和中

框 19 连接并一体成型。在另一实施例中，边框 11 可以包括向内延伸的突出件，以与中框 19 相连，例如，通过弹片、螺丝、焊接等方式相连。边框 11 的突出件还可以用来接收馈电信号，使得边框 11 的至少一部分作为天线的辐射体收/发射频信号。作为辐射体的这一部分边框，与中框 30 之间可以存在间隙 42，从而保证天线辐射体具有良好的辐射环境，使得天线具有良好的信号传输功能。

其中，后盖 21 可以是金属材料制成的后盖，也可以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。

图 1 仅示意性的示出了电子设备 10 包括的一些部件，这些部件的实际形状、实际大小和实际构造不受图 1 限定。

应理解，在本申请的实施例中，可以认为电子设备的显示屏所在的面为正面，后盖所在的面为背面，边框所在的面为侧面。

应理解，在本申请的实施例中，认为用户握持（通常是竖向并面对屏幕握持）电子设备时，电子设备所在的方位具有顶部、底部、左侧部和右侧部。

首先，由图 2 和图 3 来介绍本申请实施例中涉及的四个天线模式。其中，图 2 是本申请实施例提供的一种线天线的共模模式的结构及对应的电流、电场的分布示意图。图 3 是本申请实施例提供的另一种线天线的差模模式的结构及对应的电流、电场的分布示意图。

1、线天线的共模（common mode, CM）模式

图 2 中的（a）示出线天线 40 的辐射体通过馈电线 42 连接到地（例如地板，可以是 PCB）。线天线 40 在中间位置 41 处连接馈电单元（图未示），并采用对称馈电（symmetrical feed）。馈电单元可以通过馈电线 42 连接在线天线 40 的中间位置 41。应理解，对称馈电可以理解为馈电单元一端连接辐射体，另外一端接地，其中，馈电单元与辐射体连接点（馈电点）位于辐射体中心，辐射体中心，例如可以是集合结构的中点，或者，电长度的中点（或上述中点附近一定范围内的区域）。

线天线 40 的中间位置 41，例如中间位置 41 可以是线天线的几何中心，或者，辐射体的电长度的中点，例如馈电线 42 与线天线 40 连接处覆盖中间位置 41。

图 2 中的（b）示出了线天线 40 的电流、电场分布。如图 2 中的（b）所示，电流在中间位置 41 两侧呈现对称分布，例如反向分布；电场在中间位置 41 两侧，呈现同向分布。如图 2 中的（b）所示，馈电线 42 处的电流呈现同向分布。基于馈电线 42 处的电流同向分布，图 2 中的（a）所示的这种馈电可称为线天线的 CM 馈电。基于电流在辐射体与馈电线 42 连接处的两侧呈现对称分布，图 2 中的（b）所示的这种线天线模式，可以称为线天线的 CM 模式（也可简称为 CM 线天线）。图 2 中的（b）所示的电流、电场可分别称为线天线的 CM 模式的电流、电场。

线天线的 CM 模式的电流、电场是线天线 40 在中间位置 41 两侧的两个枝节（例如，两个水平枝节）作为工作在四分之一波长模式的天线产生的。电流在线天线 40 的中间位置 41 处强，在线天线 40 的两端弱。电场在线天线 40 的中间位置 41 处弱，在线天线 40 的两端强。

2、线天线的差模（differential mode, DM）模式

如图 3 中的（a）示出线天线 50 的两个辐射体通过馈电线 52 连接到地（例如地板，可以是 PCB）。线天线 50 在两个辐射体之间的中间位置 51 处连接馈电单元，并采用反对称馈电（anti-symmetrical feed）。馈电单元的一端通过馈电线 52 与其中一个辐射体连接，

馈电单元的另一端通过馈电线 52 与其中另一个辐射体连接。中间位置 51 可以是线天线的几何中心，或者，辐射体之间形成的缝隙。

应理解，反对称馈电可以理解为，馈电单元的正负两极分别连接在辐射体的两端。馈电单元的正负极输出的信号幅度相同，相位相反，例如相位相差 $180^\circ \pm 10^\circ$ 。

图 3 中的 (b) 示出了线天线 50 的电流、电场分布。如图 3 中的 (b) 所示，电流在线天线 50 的中间位置 51 两侧呈现非对称分布，例如同向分布；电场在中间位置 51 两侧呈反向分布。如图 3 中的 (b) 所示，馈电线 52 处的电流呈现反向分布。基于馈电线 52 处的电流反向分布，图 3 中的 (a) 所示的这种馈电可称为线天线 DM 馈电。基于电流在辐射体与馈电线 52 连接处的两侧呈现非对称分布（例如，同向分布），图 3 中的 (b) 所示的这种线天线模式可以称为线天线的 DM 模式（也可简称为 DM 线天线）。图 3 中的 (b) 所示的电流、电场可分别称为线天线的 DM 模式的电流、电场。

线天线的 DM 模式的电流、电场是整个线天线 50 作为工作在二分之一波长模式的天线产生的。电流在线天线 50 的中间位置 51 处强，在线天线 50 的两端弱。电场在线天线 50 的中间位置 51 处弱，在线天线 50 的两端强。

应理解，对于线天线的辐射体，可以理解为产生辐射的金属构件，其数量可以是一件，如图 2 所示，或者，也可以是两件，如图 3 所示，可以根据实际的设计或生产需要进行调整。例如，对于线天线的 CM 模式，也可以如图 3 所示采用两个辐射体，两个辐射体的两端相对设置并间隔一缝隙，在相互靠近的两端采用对称馈电的方式，例如在两个辐射体相互靠近的两端分别馈入同一馈源信号，也可以获得与图 2 所示天线结构类似的效果。相应的，对于线天线的 DM 模式，也可以如图 2 所示采用一个辐射体，在辐射体的中间位置设置两个馈电点并采用反对称馈电的方式，例如在该辐射体上对称的两个馈电点如分别馈入幅度相同、相位相反的信号，也可以获得与图 3 所示天线结构类似的效果。

在传统的 CM 模式和 DM 模式的天线设计，天线的二分之一波长模式（一阶模式）、一倍波长模式（二阶模式）、二分之三波长模式（三阶模式）的谐振频率具有倍频关系。例如，二分之一波长模式对应的谐振频率在 1GHz 附近，则一倍波长模式和二分之三波长模式（三阶模式）的谐振频率分别在 2GHz 以及 3GHz 附近。因此，在天线产生的单个谐振对应的带宽较窄。同时，在天线的 DM 模式中，其谐振频段内会产生效率凹坑，影响天线的性能。

本申请实施例提供了一种电子设备，包括多个辐射体。在一个实施例，多个辐射体作为电子设备的天线结构的至少一部分。利用多个辐射体之间形成的缝隙，调整天线结构产生的多阶的 CM 模式的谐振频段的频率和多阶的 DM 模式的谐振频段的频率，使多阶的 CM 模式的谐振频段的频率和多阶的 DM 模式的谐振频段相互靠近，从而实现宽带天线，满足多个通信频段的需要。

图 4 是本申请实施例提供的一种天线结构 100 的结构示意图。

如图 4 所示，天线结构 100 可以包括第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130，第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130 作为天线结构 100 的辐射体。

其中，第一辐射体 110 可以设置于第二辐射体 120 和第三辐射体 130 之间。第一辐射体 110 的第一端 111 与第二辐射体 120 的第一端 121 相对且互不接触，第一辐射体 110 的第一端 111 与第二辐射体 120 的第一端 121 之间形成第一缝隙 140。第一辐射体 110 的第二端 112 与第三辐射体 130 的第一端 131 相对且互不接触，第一辐射体 110 的第二端 112

与第三辐射体 130 的第一端 131 之间形成第二缝隙 150。第一辐射体 110 设置有馈电点 113 和接地点 114。接地点 114 设置于中心区域 115。接地点 114 用于与地板 170 电连接，为天线结构 100 进行接地。馈电点 113 设置于中心区域 115 和第一辐射体 110 的第一端 111 之间。在一个实施例中，电子设备还包括馈电单元 160。馈电点 113 用于与馈电单元 160 电连接，为辐射体进行馈电。在一个实施例中，馈电单元可以作为天线结构 100 的一部分。馈电点馈入电信号时，第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130 共同产生至少一个谐振。

在本申请实施例提供的技术方案中，通过将馈电点 113 设置在偏离中心区域 115 的位置，可以同时激励起天线结构 100 的 CM 模式和 DM 模式。同时，通过调整天线结构的参数，使 CM 模式下的多阶谐振模式（例如，二分之一波长模式，二分之三波长模式等）产生的谐振频段和 DM 模式下的多阶谐振模式（例如，二分之一波长模式，二分之三波长模式等）产生的谐振频段相互靠近，通过多个谐振模式产生的临近的谐振频段拓展天线结构 100 的带宽。

本申请实施例中提到的“中心区域”可以理解为辐射体的中心区域，距离天线结构的所有辐射体的中点一定距离所形成的区域。例如，以图 4 所示的天线结构为例，辐射体包括第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130。辐射体的中点可以是辐射体的几何中心（中点两侧的辐射体的长度相同，即中点两侧的第一辐射体 110 的长度分别与第二辐射体 120 的长度和第三辐射体 130 的长度之和相同）。或者，辐射体的中点也可以是辐射体的电长度中点（中点两侧的辐射体的电长度相同，即中点两侧的第一辐射体 110 的电长度分别与第二辐射体 120 的电长度和第三辐射体 130 的电长度之和相同）。例如，当第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130 的长度均为第一长度时，其中心区域 115 可以是距离辐射体的中点在第一长度的八分之一范围内的区域。

或者，本申请实施例中提到的“中心区域”可以理解为第一辐射体 110 中心区域，距离第一辐射体 110 的中点一定距离所形成的区域。例如，以图 4 所示的天线结构为例，第一辐射体 110 的中点可以是几何中心（中点两侧的第一辐射体 110 的长度相同）。或者，第一辐射体 110 的中点也可以是第一辐射体 110 的电长度中点（中点两侧的第一辐射体 110 的电长度相同）。

同时，根据本申请实施例的技术方案，第一辐射体 110 的第一端 111 并不能狭义的理解为一定是一个点，还可以认为是第一辐射体 110 上包括端点（第一辐射体 110 的端点可以是第一辐射体 110 的边缘上的任一点）的一段辐射体，例如，可以认为第一端 111 是距离端点第一波长的八分之一以内的辐射体，或者，也可以认为是距离端点 5mm 以内的辐射体。第一辐射体 110 的第二端 112、第二辐射体 120 的第一端 121 与第三辐射体 130 的第一端 131 也可以相应理解。

在一个实施例中，第二辐射体和第三辐射体上可以未设置馈电点和接地点，天线结构 100 的结构更为简单，便于在电子设备内的布局。

在一个实施例中，馈电点馈入电信号时，第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130 共同产生第一谐振（CM 模式下的二分之一波长模式），第二谐振（DM 模式下的二分之一波长模式），第三谐振（CM 模式下的二分之三波长模式）和第四谐振（DM 模式下的二分之三波长模式）。

在一个实施例中，第一谐振，第二谐振，第三谐振和第四谐振中任意相邻的两个谐振

的谐振频段部分重叠，以拓展天线结构 100 的工作带宽。其中，相邻的谐振之间的谐振频段部分重叠可以理解为：例如，第一谐振的谐振频段和第二谐振的谐振频段为相邻或相近的谐振频段。在一个实施例中，谐振频段可以理解为 $S_{11} < -4\text{dB}$ 的谐振频率范围；谐振频段部分重叠，可以理解为 $S_{11} < -4\text{dB}$ 的两个谐振频率范围中存在部分频率重合。例如，第一谐振的谐振频段包括 LTE 中的 B35 (1.85-1.91GHz)，第二谐振的谐振频段包括 LTE 中的 B39 (1.88-1.92GHz)。第二谐振的频率低于第三谐振的频率，第二谐振的谐振频段和第三谐振的谐振频段部分重叠。在一个实施例中，第一辐射体 110 的第一端 111 与第二辐射体 120 的第一端 121 之间形成第一缝隙 140 可以理解为第一辐射体 110 与第二辐射体 120 设置在同一平面内（例如，共面），第一辐射体 110 的第一端 111 的端部与第二辐射体 120 的第一端 121 的端部相对，形成第一缝隙 140。

例如，在一个实施例中，天线结构 100 可以包括边框天线，如图 5 所示。电子设备的边框 11 的一部分上依次具有第一位置 101、第二位置 102、第三位置 103 和第四位置 104。第一位置 101 和第二位置 102 之间的边框 11 作为第二辐射体 120，第二位置 102 和第三位置 103 之间的边框 11 作为第一辐射体 110，第三位置 103 和第四位置 104 之间的边框 11 作为第三辐射体 130。边框 11 的第二位置 102 处开设有第一缝隙 140，即第一辐射体 110 的第一端 111 的端面与第二辐射体 120 的第一端 121 的端面之间形成第一缝隙 140。边框 11 的第三位置 103 处开设有第二缝隙 150，即第一辐射体 110 的第二端 112 的端面与第三辐射体 130 的第一端 131 的端面之间形成第二缝隙 150。

在一个实施例中，地板 170 可以是 PCB 中的金属层。天线结构 100 的辐射体/辐射部分（例如，第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130）与 PCB 之间可以设置有第一介质，例如，在一个实施例中，第一介质可以为前文中所提到的 FR-4，以增强天线结构 100 的辐射部分的机械强度。并且，随着第一介质的介电常数的增加，在保持天线结构 100 的辐射部分（第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130）的电长度不变的情况下，辐射部分的长度可以进一步缩减，减少天线结构 100 的辐射部分占用的体积。

或者，在一个实施例中，天线结构 100 可以包括 PCB 天线，如图 6 所示。电子设备的 PCB 17 包括层叠设置的第一介质板 171 和第二介质板 172。第一辐射体 110 设置于第一介质板 171 和第二介质板 172 之间，第二辐射体 120 设置于第一介质板 171 的上表面，第三辐射体 130 设置于第二介质板 172 的下表面。第一辐射体 110 的第一端 111 与第二辐射体 120 的第一端 121 在第一方向上的投影至少部分重合，并在第一方向上形成第一缝隙 140。第一辐射体 110 的第二端 112 与第三辐射体 130 的第一端 131 在第一方向上的投影至少部分重合，并在第一方向上形成所述第二缝隙 150。其中，第一方向为垂直于第一辐射体所在平面的方向。

应理解，本申请实施例中的“上表面”以及“下表面”仅作为举例使用，“上”和“下”仅作为空间中的相对概念，并不限制在实际应用中的具体方位。同时，PCB 还可以包括层叠设置的其他介质板，例如，PCB 包括依次层叠设置的第一介质板、第二介质板和第三介质板。第二辐射体可以设置于第一介质板和第二介质板之间，第一辐射体设置于第二介质板和第三介质板之间，第三辐射体设置于第三介质板的下表面。或者，也可以实际的生产或设计需要进行调整，本申请对此并不限制。

在一个实施例中，天线结构 100 也可以包括其他种类的天线，例如，光学不可见显示天线（antenna on display, AOD），支架天线，激光直接成型技术（laser-direct-structuring,

LDS) 天线、柔性电路板 (flexible printed circuit, FPC) 天线或浮动金属 (floating metal, FLM) 天线, 本申请并不限制天线结构的类型, 为了论述的简单, 就不再一一赘述。

并且, 由于电子设备内部的空间日益紧张, 第一辐射体 110、第二辐射体 120 和第三辐射体 130 可以并不一定会沿直线 (例如, 共线) 设置, 也有可能随着电子设备的内部空间进行弯折。例如, 当天线结构 100 包括边框天线的情况下, 第一辐射体 110 可以随着边框的弯折进行设置, 如图 7 所示。或者, 第二辐射体 120 和第三辐射体 130 也可以弯折设置, 本申请对此并不做限制。

在一个实施例中, 第二辐射体 120 和第三辐射体 130 的长度可以相同。并且, 在一个实施例中, 第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的宽度可以相同。在这种情况下第二辐射体 120 和第三辐射体 130 沿第一辐射体 110 的虚拟轴线 (虚拟轴线两侧的第一辐射体 110 的长度相同)。随着天线结构 100 的辐射部分的对称性增加, 天线结构 100 的辐射特性 (例如, 带宽、增益等) 随之增加。在一个实施例中, 在实际的应用中, 由于加工的误差, 或者, 电子设备内部的布局, 第二辐射体 120 和第三辐射体 130 的长度相差在 10% 以内, 可以理解为第二辐射体 120 和第三辐射体 130 的长度相同, 第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的宽度相差在 10% 以内, 可以理解为第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的宽度相同。

在一个实施例中, 通过调整第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的参数, 可以调整第二辐射体 120 和第三辐射体 130 由第一辐射体 110 耦合到的能量, 从而控制天线结构 100 的辐射体特性。由第一辐射体 110 的第一端 111 和第二辐射体 120 的第一端 121 形成的第一缝隙 140 和第一辐射体 110 的第二端 112 和第三辐射体 130 的第一端 131 形成的第二缝隙 150 可以等效为电容, 电容值的计算公式如下:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d};$$

其中, ϵ 为电容的两极板 (缝隙两侧的辐射体) 之间介质的介电常数; δ 为真空中的绝对介电常数; k 为静电力常量; S 为两极板正对面积, 为本申请实施例中的缝隙两侧的边辐射体的正对面积; d 为两极板间垂直距离, 为本申请实施例中的第一缝隙或第二缝隙的宽度。

在一个实施例中, 由上述公式可知, 可以通过以下方式改变第一缝隙或第二缝隙的电容值, 从而控制第二辐射体 120 和第三辐射体 130 由第一辐射体 110 耦合到的能量: (1) 在第一缝隙 140 和第二缝隙 150 内设置有第二介质。(2) 调整第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的宽度。(3) 调整第一缝隙 140 和第二缝隙 150 两侧的辐射体的正对面积。

或者, 在一个实施例中, 也可以在第一缝隙 140 和第二缝隙 150 内均设置有电容, 电容的两端分别与缝隙两侧辐射体电连接, 以实现第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的电容值的改变。

应理解, 第一缝隙 140 和第二缝隙 150 的电容值与天线结构的工作频段的频率相关, 可以根据实际的设计或生产需求进行调整, 本申请对此并不做限制。

在一个实施例中, 电子设备还可以包括接地元件 173。在一个实施例中, 接地点 114 和地板 170 之间可以设置有接地元件 173, 如图 4 所示。在一个实施例中, 接地元件 173 可以作为天线结构 100 的一部分。接地元件 173 的一端在接地点 114 处与第一辐射体 110 电连接, 接地元件 173 的另一端与地板 170 电连接。接地元件 173 可以用于调整天线结构 100 的辐射特性, 例如, 天线结构 100 产生的谐振点的频率。在一个实施例中, 接地元件

173 可以是电容或电感中的至少一个,例如,接地元件 173 可以是电容,电容值可以介于 0.1pF 至 100pF 之间,例如,1pF 到 50pF 之间,可以根据实际的生产或设计调整电容的电容值。或者,接地元件 173 也可以是由多个电子元件组成的阻抗网络,本申请对此并不做限制。

5 在一个实施例中,电子设备还包括匹配网络 174。在一个实施例中,馈电点 113 和馈电单元 160 之间可以设置该匹配网络 174,如图 4 所示。在一个实施例中,匹配网络 174 可以作为天线结构 100 的一部分。馈电单元 160 的一端在馈电点 113 处与第一辐射体 110 电连接,馈电单元 160 的另一端与馈电单元 160 电连接。匹配网络 174 可以用于将馈电单元 160 中的电信号与天线结构 100 的辐射部分的阻抗特性之间相互匹配,使电信号的传输
10 损耗和失真减少到最小,以提升天线结构 100 的辐射特性。在一个实施例中,匹配网络 174 可以包括电容、电感或电阻中的至少一个,例如,可以先并联电容再串联电容的形式,本申请并不限制匹配网络 174 的具体形式。

在一个实施例中,天线结构 100 的工作频段可以包括 5G 频段中的小于 6GHz(sub6G) 的频段,例如, N77 (3.3GHz–4.2GHz) 频段或 N79 (4.4GHz–5.0GHz) 频段等。

15 图 8 和图 9 是本申请实施例提供的一组天线结构。其中,图 8 所示的天线结构为本申请实施例提供的天线结构 101。图 9 所示的天线结构作为对比的天线结构 102。

如图 8 和图 9 所示,对于天线结构 101 和天线结构 102 来说,天线结构 101 和天线结构 102 的辐射部分均采用铜作为导体材料,导电率为 5.8×10^7 。天线结构 101 和天线结构 102 在结构上的区别仅在于天线结构 101 的辐射部分开设有缝隙,将辐射部分分为第一辐射体、第二辐射体和第三辐射体。同时,在天线结构 101 中,第二辐射体和第三辐射体通过第一缝隙和第二缝隙由第一辐射体耦合能量,因此,在此实施例中,以第一缝隙和第二
20 缝隙两侧的辐射体的正对面积为 3mm^2 。

作为举例,图 8 所示的天线结构 101 在下述的仿真图中的参数如下表 1 所示:

25

表 1

L1	L2	L3	g1	g2
17.5mm	18.4mm	17.5mm	0.8mm	0.8mm
D1	D2	W1	W2	L4
2mm	3.3mm	1mm	75mm	155mm
C1	C2	C3	介电常数	损耗角正切
15pF	0.3pF	1.5pF	4.43	0.005

其中, L1 为第二辐射体的长度, L2 为第一辐射体的长度, L3 为第三辐射体的长度, g1 为第一缝隙的宽度, g2 为第二缝隙的宽度, D1 为天线结构的辐射体与地板 (ground, GND) 之间的距离, D2 为接地点与馈电点之间的距离, W1 为天线结构的辐射体的宽度, W2 为地板的宽度, L4 为地板的长度。C1 为接地点和地板之间串联的接地元件的电容值, C2 和 C3 为馈电单元和馈电点之间串联的匹配网络中的电容值。应理解, C1、C2 和 C3 为调整天线结构 101 的辐射特性设置的接地元件和匹配网络的一种情况。天线结构 102 中的
30 接地元件和匹配网络也可以对应进行调整,使天线结构 101 和天线结构 102 的谐振频段

相近，便于进行对比。介电常数和损耗角正切为辐射部分和地板之间设置的介质的参数。

应理解，上述天线结构 101 的参数仅作为举例使用，本申请并不限制天线结构的具体参数，可以根据实际的设计或生产需要进行调整。

图 10 是图 8 和图 9 所示天线结构产生的谐振的分布示意图。

5 如图 10 中的 (a) 所示，为图 9 所示的天线结构 102 产生的谐振在频谱上的示意图。天线结构 102 在 CM 模式和 DM 模式下的二分之一波长模式（一阶模式）和二分之三波长模式（三阶模式）的谐振频率具有倍频关系，一阶模式产生的谐振频段和三阶模式产生的谐振频段相距较远。

10 如图 10 中的 (b) 所示，为图 8 所示的天线结构 101 产生的谐振在频谱上的示意图。天线结构 101 通过在辐射体之间形成的缝隙使 CM 模式和 DM 模式下的二分之一波长模式（一阶模式）和二分之三波长模式（三阶模式）的谐振频率相互靠近，不再具有倍频关系，从而实现宽带天线，满足多个通信频段的需要。

15 图 11 和图 12 是图 8 和图 9 所示天线结构的仿真图。其中，图 11 是图 8 和图 9 所示的天线结构的 S11 仿真结果图。图 12 是图 8 和图 9 所示的天线结构的辐射效率（radiation efficiency）和系统效率（total efficiency）的仿真结果图。

20 应理解，在图 10 所示的天线结构产生的频谱示意图中，天线结构 101 和天线结构 102 在相同的参数（例如，辐射体长度，匹配或接地元件等）的情况下产生的谐振在频谱上的示意图。在图 11 和图 12 所示的仿真图中，为方便对天线结构的性能进行对比，可以通过调整天线结构 101 和天线结构 102 的参数，使天线结构 101 的低阶模式的谐振频段和天线结构 102 的谐振频段相同。

如图 11 所示，图 8 所示的天线结构和图 9 所示的天线结构的谐振的起始位置相同，约在 2.6GHz 附近。

25 图 9 所示的天线结构由于二分之一波长模式（一阶模式）和二分之三波长模式（三阶模式）的谐振频率具有倍频关系，因此在 2GHz-6GHz 产生 2 个谐振，可以对应于 CM 模式和 DM 模式的二分之一波长模式。

30 而图 8 所示的天线结构通过调整天线结构的参数，使多阶谐振模式（例如，二分之一波长模式，二分之三波长模式等）产生的谐振频段相互靠近，因此在 2GHz-6GHz 可以产生 4 个谐振（第一谐振，第二谐振，第三谐振和第四谐振），可以分别对应于 CM 模式和 DM 模式的二分之一波长模式以及 CM 模式和 DM 模式下的二分之三波长模式，利用多个谐振频段拓展天线结构的工作带宽。

以 $S_{11} < -4\text{dB}$ 作为界限，图 8 所示的天线结构通过高频多出的两种谐振模式（CM 模式和 DM 模式下的二分之三波长模式），且第一谐振，第二谐振，第三谐振和第四谐振任意相邻的两个谐振的谐振频段部分重叠，使其工作带宽相较于图 9 所示的天线结构的工作带宽多一倍，可以满足更多的通信频段需求。

35 如图 12 所示，图 8 所示的天线结构和图 9 所示的天线结构的辐射效率接近。但对于系统效率，图 9 所示的天线结构在 3.1GHz 以上的频率快速下落，出现效率凹坑。图 8 所示的天线结构通过引入高频的两种谐振模式（CM 模式和 DM 模式下的二分之三波长模式），使 3.1GHz-4.5GHz 的系统效率的平坦度增加。

40 以系统效率 $> -3\text{dB}$ 作为界限，图 8 所示的天线结构的系统效率的带宽相较于图 9 所示的天线结构的系统效率的带宽多一倍，可以满足更多的通信频段需求。

图 13 是本申请实施例提供的天线结构的电流分布示意图。

如图 13 中的 (a) 所示, 为图 8 所示的天线结构在 CM 模式下的二分之一波长模式对应的电流分布图, 其电流零点位于接地点, 电流沿接地点对称分布。

如图 13 中的 (b) 所示, 为图 8 所示的天线结构在 CM 模式下的二分之三波长模式对应的电流分布图, 其电流零点分别位于接地点以及接地点两侧, 电流沿接地点对称分布。

对于图 13 (a) 所示的电流分布来说, 由于第一辐射体和第二辐射体之间设置有第一缝隙以及第一辐射体和第三辐射体之间设置有第二缝隙, 辐射部分上的电流通过辐射体之间的缝隙耦合传输, 相较于电流未通过缝隙耦合而全部在辐射体传输的情况来说, 电流的传输路径缩短, 对应的电长度缩短, 使谐振频段的频率向高频移动, 靠近二分之三波长模式产生的谐振频段。同时, 由于电流通过辐射体之间的缝隙耦合传输, 二分之三波长模式产生的谐振也会受到缝隙的影响, 但高阶模式 (二分之三波长模式) 相较于低阶模式 (二分之一波长模式) 受到影响较小, 普遍规律是低阶模式产生的谐振频段比高阶模式产生的谐振频段的频率移动范围更大。

同时, 理论上, 缝隙设置的位置越靠近天线结构的谐振模式下的电流强点, 会使电流强点的电流分散, 因此, 对该谐振模式的影响越大。同样的, 缝隙设置的位置越靠近谐振模式电流零点, 对电流的分布影响小, 因此, 对该谐振模式的影响越小。

应理解, 对于天线结构的辐射部分而言, 其本身具有多个可以被激励的模式, 例如, (N-1/2) 波长模式和 N 倍波长模式, N 为正整数, 只要其输入阻抗和激励的源的阻抗保持一致, 其对应的模式就可以被激励。在本申请实施例中, 均以天线结构产生 (N-1/2) 波长模式进行说明, 例如, 二分之一波长模式, 二分之三波长模式等。这是由于对于 (N-1/2) 波长模式和 N 倍波长模式来说, 两者的边界条件不同。如图 13 所示, 对于 CM 模式下的 (N-1/2) 波长模式来说, 天线结构的辐射部分的接地点为电流零点, 而 N 倍波长模式的电流零点并不位于该位置。因此, 在一个实施例中, 可以通过改变天线结构的边界条件激励起天线结构的 N 倍波长模式, 例如, 可以在接地点和地板之间串联由滤波器, 使天线结构工作在 (N-1/2) 波长模式下, 呈带通特性, 即滤波器导通, 天线结构工作在 N 倍波长模式下, 呈带阻特性, 即滤波器不导通, 则可以同时激励上述的 N 倍波长模式和 (N-1/2) 波长模式。在一个实施例中, 滤波器可以是声表面波滤波器 (surface acoustic wave, SAW), 体声波滤波器 (bulk acoustic wave, BAW) 或者薄膜腔声谐振滤波器 (film bulk acoustic resonator, FBAR)。滤波器也可以是其他形式的滤波器, 本申请对比并不做限制。

图 14 是本申请实施例提供的缝隙宽度不同的天线结构的 S11 仿真结果图。

应理解, 在该实施例提供的仿真结果图中以第一缝隙的宽度和第二缝隙的宽度相同进行举例。在实际的应用中, 第一缝隙的宽度和第二缝隙的宽度可以不同, 本申请对此并不做限制。

如图 14 所示, 随着第一辐射体两侧的第一缝隙和第二缝隙的宽度由 0.6mm 逐渐增加到 1.0mm 的过程中, 二分之一波长模式 (CM 模式和 DM 模式) 产生的谐振频段的频率不断向高频移动, 逐渐靠近二分之三波长模式 (CM 模式和 DM 模式) 产生的谐振频段。

而在图 14 所示的仿真结果中, 二分之三波长模式 (CM 模式和 DM 模式) 产生的谐振频段的频率则基本不变。通过调整第一缝隙和第二缝隙的宽度, 可以使二分之一波长模式产生的谐振频段与二分之三波长模式产生的谐振频段的频率间隔能够被有效调控, 来形成所需要的天线结构的工作带宽。

应理解,在该实施例中通过调整第一缝隙和第二缝隙的宽度,改变了第一缝隙和第二缝隙等效的电容的电容值,从而控制辐射体之间的耦合,进而实现二分之一波长模式产生的谐振频段与二分之三波长模式产生的谐振频段的频率间隔能够被有效调控。在实际的应用中,也可以通过在第一缝隙和第二缝隙内设置第二介质、调整第一缝隙和第二缝隙两侧

5 的辐射体的正对面积或者在第一缝隙和第二缝隙内均设置有电容的方式实现第一缝隙和第二缝隙等效的电容的电容值的调整,本申请对此并不做限制。

图 15 是本申请实施例提供的接地元件的电参数不同的天线结构的 S11 仿真结果图。

应理解,为了论述的简洁,在该实施例提供的仿真结果图中以接地元件是电容为例进行说明,在实际的应用中,接地元件也可以是由电容、电感或电阻中的至少一个,或接地

10 元件也可以是由多个电子元件(电容、电感或电阻)组成的阻抗网络,本申请对此并不做限制。

如图 15 所示,随着接地元件的电容值由 10pF 逐渐增加到 30pF 的过程中,CM 模式(二分之一波长模式和二分之三波长模式)产生的谐振频段的频率不断向低频移动。

而在图 15 所示的仿真结果中,DM 模式(二分之一波长模式和二分之三波长模式)

15 产生的谐振频段的频率则基本不变。通过调整接地元件的电容值,可以使 CM 模式产生的谐振频段与 DM 模式产生的谐振频段的频率间隔能够被有效调控,来形成所需要的天线结构的工作带宽。

应理解,对于上述特性来说,是由于 CM 模式在接地元件与第一辐射体的连接处(接地点)为电流零点,如图 13 所示,接地点处的电特性变化会引起 CM 模式的谐振频段的改变。而对于 DM 模式来说,其在接地元件与第一辐射体的连接处并非电流零点,不受接地点处的电特性变化的干扰。同时,在 CM 模式下,相比较二分之三波长模式而言,二分之一波长模式因为频率较低,所以对电容的调节更加敏感,产生的频率偏移更大。

20

下表 2 和下表 3 分别是图 9 和图 8 所示的天线结构的归一化(18dBm)的 5mm 身体(body) SAR 值。

表 2 (图 9 所示天线结构)

测试频段	1g	10g
2.6 GHz	1.16	0.52
3.2 GHz	8.37	2.87

表 3 (图 8 所示天线结构)

测试频段	1g	10g
2.6 GHz	1.60	0.74
3.1 GHz	3.38	1.36
4.0 GHz	6.03	1.69
4.5 GHz	5.32	1.37

如上表所示,在 2.6GHz 时,天线结构工作在 CM 模式下的二分之一波长模式,图 8 和图 9 所示的天线结构均具有良好的 SAR。但是在 3GHz 附近,天线结构工作在 DM 模式

30

下的二分之三波长模式，图 8 所示的天线结构相较于图 9 所示的天线结构的 SAR 值大幅降低。同时，图 8 所示的天线结构在 CM 模式（4.0GHz）和 DM 模式（4.5GHz）下的二分之三模式，两者 SAR 值接近，仍明显低于图 9 所示的天线结构的 DM 模式的 SAR 值。因此，本申请实施例提供的天线结构在 SAR 方面表明其适合电子设备的宽带化应用。

5 图 16 是本申请实施例提供的一种天线结构 200 的结构示意图。

如图 16 所示，天线结构 200 的辐射体可以包括第一辐射体 210、第二辐射体 220、第三辐射体 230、第四辐射体 240 和第五辐射体 250，第一辐射体 210、第二辐射体 220、第三辐射体 230、第四辐射体 240 和第五辐射体 250 作为天线结构 200 的辐射部分。第一辐射体 210、第二辐射体 220、第三辐射体 230、第四辐射体 240 和第五辐射体 250 共同产生至少一个谐振。

应理解，天线结构的辐射部分可以包括多个辐射体，并不仅仅局限于本申请实施例所提供的三个辐射体或五个辐射体，可以根据实际的生产或设计需求进行调整，本申请对此并不做限制。

其中，第一辐射体 210 的第一端与第二辐射体 220 的第一端相对且互不接触，第一辐射体 210 的第一端与第二辐射体 220 的第一端之间形成第一缝隙 201。第一辐射体 210 的第二端与第三辐射体 230 的第一端相对且互不接触，第一辐射体 210 的第二端与第三辐射体 230 的第一端之间形成第二缝隙 202。第四辐射体 240 的第一端与第二辐射体 220 的第二端相对且互不接触，第四辐射体 240 的第一端与第二辐射体 220 的第二端之间形成第三缝隙 203。第五辐射体 250 的第一端与第三辐射体 230 的第二端相对且互不接触，第五辐射体 250 的第一端与第三辐射体 230 的第二端之间形成第四缝隙 204。第一辐射体 210 设置有馈电点和接地点。接地点设置于中心区域。接地点用于与地板电连接，为天线结构 200 进行接地。馈电点设置于中心区域和第一辐射体的第一端之间。馈电点用于与馈电单元电连接，为天线结构 200 进行馈电。

相较于图 4 所示的天线结构 100，图 16 所示的天线结构 200 在天线结构 100 的基础上增加了第四辐射体 240 和第五辐射体 250，利用第四辐射体 240 与第二辐射体 220 形成第三缝隙的 203 以及第五辐射体 250 与第三辐射体 230 形成的第四缝隙 204，可以进一步增加天线结构 200 产生的更高阶的谐振模式（将更高阶的谐振模式与原有的谐振模式相互靠近），例如，CM 模式和 DM 模式下的二分之五波长模式，进一步拓展天线结构 200 的工作带宽。

30 在一个实施例中，馈电点馈入电信号时，第一辐射体 210、第二辐射体 220、第三辐射体 230、第四辐射体 240 和第五辐射体 250 共同产生第一谐振（CM 模式下的二分之一波长模式），第二谐振（DM 模式下的二分之一波长模式），第三谐振（CM 模式下的二分之三波长模式），第四谐振（DM 模式下的二分之三波长模式），第五谐振（CM 模式下的二分之五波长模式）和第六谐振（DM 模式下的二分之五波长模式）。

35 在一个实施例中，第一谐振，第二谐振，第三谐振，第四谐振，第五谐振和第六谐振中任意相邻的两个谐振的谐振频段部分重叠，以拓展天线结构 200 的工作带宽。

在一个实施例中，第二辐射体 220 和第三辐射体 230 的长度可以相同。

在一个实施例中，第四辐射体 240 和第五辐射体 250 的长度可以相同。

在一个实施例中，第一缝隙 201 和第二缝隙 202 的宽度可以相同。

40 在一个实施例中，第三缝隙 203 和第四缝隙 204 的宽度可以相同。

应理解，随着天线结构 200 的辐射部分的对称性增加，天线结构 200 的辐射特性（例如，带宽、增益等）随之增加。当第二辐射体 220、第三辐射体 230、第四辐射体 240 和第五辐射体 250 沿第一辐射体 210 的虚拟轴线（虚拟轴线两侧的第一辐射体 210 的长度相同）对称时，天线结构 200 具有更好的辐射特性。

在一个实施例中，接地点和地板之间可以设置有接地元件，为表述的简洁，在图 16 所示的天线结构 200 中，以接地元件是电容进行说明。在一个实施例中，接地元件也可以是电感。或者，接地元件也可以是由多个电子元件组成的阻抗网络，本申请对此并不做限制。

在一个实施例中，馈电点和馈电单元之间可以设置有匹配网络。馈电单元的一端在馈电点处与第一辐射体电连接，馈电单元的另一端与馈电单元电连接。匹配网络可以用于将馈电单元中的电信号与天线结构的辐射部分的阻抗特性之间相互匹配，使电信号的传输损耗和失真减少到最小。为表述的简洁，在图 16 所示的天线结构 200 中，以匹配网络为先并联电容再串联电容的形式进行说明，本申请并不限制匹配网络的具体形式。

作为举例，图 16 所示的天线结构 200 在下述的仿真图中的参数如下表 4 所示：

表 4

H1	H2	H3	H4	H5
15.2mm	9.6mm	9.6mm	11mm	11mm
b1	b2	b3	b4	E1
0.4mm	0.4mm	0.4mm	0.4mm	2mm
E2	W3	W4	W5	C4
3.3mm	1mm	75mm	155mm	12pF
C5	C6	介电常数	损耗角正切	
0.2pF	1.5pF	4.43	0.005	

其中，H1 为第一辐射体的长度，H2 为第二辐射体的长度，H3 为第三辐射体的长度，H4 为第四辐射体的长度，H5 为第五辐射体的长度，b1 为第一缝隙的宽度，b2 为第二缝隙的宽度，b1 为第三缝隙的宽度，b2 为第四缝隙的宽度，E1 为天线结构的辐射部分与地板之间的距离，E2 为接地点与馈电点之间的距离，W3 为天线结构的辐射部分的宽度，W4 为地板的宽度，W5 为地板的长度。C4 为接地点和地板之间串联的接地元件的电容值，C5 和 C6 为馈电单元和馈电点之间串联的匹配网络中的电容值。应理解，C4、C5 和 C6 为调整天线结构 200 的辐射特性设置的接地元件和匹配网络的一种情况。介电常数和损耗角正切为辐射部分和地板之间设置的介质的参数。

应理解，上述天线结构 200 的参数仅作为举例使用，本申请并不限制天线结构的具体参数，可以根据实际的设计或生产需要进行调整。

图 17 和图 18 是图 16 所示天线结构的仿真图。其中，图 17 是图 16 所示的天线结构的 S11 仿真结果图。图 18 是图 16 所示的天线结构的辐射效率和系统效率的仿真结果图。

应理解，在图 17 和图 18 所示的仿真图中，为方便对天线结构 200 与图 8 和图 9 所示天线结构的性能进行对比，可以通过调整天线结构的参数，使天线结构 200 的低阶模式的

谐振频段与天线结构 101 的谐振频段的低阶模式和天线结构 102 的谐振频段相同。

如图 17 所示, 图 16 所示的天线结构 200 与图 8 所示的天线结构和图 9 所示的天线结构的谐振的起始位置相同, 约在 2.6GHz 附近。图 8 所示的天线结构相较于图 9 所示的天线结构, 利用 CM 模式和 DM 模式下的二分之三波长模式拓展天线结构的工作带宽。而图 17 所示的天线结构在图 8 所示的天线结构的基础上可以利用更高阶的谐振模式(例如 CM 模式和 DM 模式下的二分之五波长模式), 将更高阶的谐振模式与原有的谐振模式相互靠近, 进一步拓展天线结构的工作带宽, 使其工作带宽可以满足更多通信频段的需要, 例如, 天线结构的工作频段可以包括 5G 频段中的 N77 (3.3GHz–4.2GHz) 频段和 N79 (4.4GHz–5.0GHz) 频段。

如图 18 所示, 图 16 所示的天线结构 200 与图 8 所示的天线结构和图 9 所示的天线结构的辐射效率接近。但对于系统效率, 图 9 所示的天线结构在 3.1GHz 以上的频率快速下落, 出现效率凹坑。图 8 所示的天线结构由于引入 CM 模式和 DM 模式下的二分之三波长模式, 使 3.1GHz–4.5GHz 的系统效率的平坦度增加。但图 8 所示的天线结构在 4.5GHz 以上, 其系统效率快速下降。而图 17 所示的天线结构在图 8 所示的天线结构的基础上利用更高阶的谐振模式(例如 CM 模式和 DM 模式下的二分之五波长模式), 使天线结构的系统效率的平坦度增加, 避免了在 4.5GHz 出现的系统效率的快速下降。以系统效率 > -3dB 作为界限, 图 16 所示的天线结构的工作带宽相较于图 9 所示的天线结构的工作带宽多一倍, 可以满足更多的通信频段需求。以系统效率 > -3dB 作为界限, 图 16 所示的天线结构的系统效率的带宽相较于图 8 所示的天线结构的系统效率的带宽再次增加一倍, 可以满足更多的通信频段需求。

下表 5 是图 16 所示的天线结构的归一化 (18dBm) 的 5mm 身体 (body) SAR 值。

表 5 (图 16 所示天线结构)

测试频段	1g	10g
2.6 GHz	1.80	0.81
3.1 GHz	3.45	1.35
4.1 GHz	4.87	1.46
4.6 GHz	5.75	1.57
5.0 GHz	5.28	1.42
5.5 GHz	4.72	1.21
5.8 GHz	5.08	1.28

如上表所示, 在系统效率的可用带宽范围 (系统效率 > -3dB) 内, 仍然保持了较低 SAR 值水平。因此, 本申请实施例提供的天线结构在 SAR 方面表明其适合电子设备的宽带化应用。

图 19 是本申请实施例提供的另一种天线结构的示意图。

在上述实施例中, 均以宽度较窄的线天线作为举例进行说明, 本申请实施例提供的技术方案也可以应用于宽度较宽的面天线中, 如图 19 所示。

如图 19 所示, 面天线可以包括贴片导体、介质板和地板。

其中，贴片导体和地板分别设置于介质板相对的两个表面。贴片导体中的辐射体之间设置有缝隙，位于多个辐射体中间的第一辐射体设置有馈电点和接地点。接地点可以设置于第一辐射体的虚拟轴线上，用于为面天线接地。馈电点可以设置于偏离虚拟轴线的一侧，用于为面天线馈电。

5 在一个实施例中，第一辐射体可以通过接地通孔与地板电连接。在一个实施例中，接地通过可以包括多个通孔，可以通过调整多个通孔中每个通孔的密度、半径以及深度调整贴片导体与地板之间的等效电容或电感，实现控制对地感性或容性的大小。

在一个实施例中，可以在辐射体之间的缝隙内设置电容，用于调整缝隙形成的等效电容的电容值，从而控制面天线的辐射特性。

10 或者，在一个实施例中，可以在辐射体之间的缝隙内填充有介质，用于调整缝隙形成的等效电容的电容值，从而控制面天线的辐射特性。

本领域技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

15 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元之

20 间接耦合或通信连接，可以是电性或其它的形式。

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。

25

权利要求书

1. 一种电子设备，其特征在于，包括：

馈电点和接地点；以及

5 辐射体，所述辐射体包括第一辐射体、第二辐射体、和第三辐射体；

其中，所述第一辐射体的第一端与所述第二辐射体的第一端相对并形成第一缝隙；

所述第一辐射体的第二端与所述第三辐射体的第一端相对并形成第二缝隙；

所述第一辐射体上设置所述馈电点和所述接地点；

10 所述接地点设置于所述第一辐射体的中心区域，或，所述接地点设置于所述辐射体的中心区域；

所述馈电点设置于所述中心区域和所述第一辐射体的第一端之间；

所述馈电点馈入电信号时，所述第一辐射体、所述第二辐射体和所述第三辐射体共同产生至少一个谐振。

15 2. 根据权利要求 1 所述的电子设备，其特征在于，所述第二辐射体和所述第三辐射体的长度相同。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的电子设备，其特征在于，所述第一缝隙和所述第二缝隙的宽度相同。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述第二辐射体和所述第三辐射体上未设置馈电点和接地点。

20 5. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述馈电点馈入电信号时，所述第一辐射体、所述第二辐射体和所述第三辐射体共同产生第一谐振，第二谐振，第三谐振和第四谐振。

25 6. 根据权利要求 5 所述的电子设备，其特征在于，
所述第一谐振，所述第二谐振，所述第三谐振和所述第四谐振中任意相邻的两个谐振的谐振频段部分重叠。

7. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的电子设备，其特征在于，
所述辐射体还包括第四辐射体和第五辐射体；
其中，所述第四辐射体的第一端与所述第二辐射体的第二端相对并形成第三缝隙；
所述第五辐射体的第一端与所述第三辐射体的第二端相对并形成第四缝隙。

30 8. 根据权利要求 7 所述的电子设备，其特征在于，所述馈电点馈入电信号时，所述第一辐射体、所述第二辐射体、所述第三辐射体、所述第四辐射体和所述第五辐射体共同产生所述至少一个谐振。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的电子设备，其特征在于，所述馈电点馈入电信号时，
所述第一辐射体、所述第二辐射体、所述第三辐射体、所述第四辐射体和所述第五辐射体
35 共同产生第一谐振，第二谐振，第三谐振，第四谐振，第五谐振和第六谐振。

10. 根据权利要求 9 所述的电子设备，其特征在于，

所述第一谐振，所述第二谐振，所述第三谐振，所述第四谐振，所述第五谐振和所述第六谐振中任意相邻的两个谐振的谐振频段部分重叠。

11. 根据权利要求 1 至 10 中任一项所述的电子设备，其特征在于，

所述电子设备还包括边框，所述边框的一部分上依次具有第一位置，第二位置，第三位置和第四位置，其中，所述第一位置和所述第二位置之间的边框作为所述第二辐射体，所述第二位置和所述第三位置之间的边框作为所述第一辐射体，所述第三位置和所述第四位置之间的边框作为所述第三辐射体；

5 所述边框的第二位置处开设有所述第一缝隙；

所述边框的第三位置处开设有所述第二缝隙。

12. 根据权利要求 11 所述的电子设备，其特征在于，

所述电子设备还包括印刷电路板 PCB；

10 所述第一辐射体、所述第二辐射体和所述第三辐射体与所述 PCB 之间设置有第一介质。

13. 根据权利要求 1 至 10 中任一项所述的电子设备，其特征在于，

所述电子设备还包括印刷电路板 PCB；

其中，所述 PCB 包括层叠设置的第一介质板和第二介质板；

所述第一辐射体设置于所述第一介质板和所述第二介质板之间；

15 所述第二辐射体设置于所述第一介质板的上表面；

所述第三辐射体设置于所述第二介质板的下表面；

所述第一辐射体的第一端与所述第二辐射体的第一端在第一方向上的投影至少部分重合，并形成所述第一缝隙，所述第一方向为垂直于所述第一介质板或所述第二介质板所在平面的方向；

20 所述第一辐射体的第二端与所述第三辐射体的第一端在所述第一方向上的投影至少部分重合，并形成所述第二缝隙。

14. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述第一缝隙或所述第二缝隙内设置有第二介质。

25 15. 根据权利要求 1 至 14 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备还包括接地元件，所述接地元件的一端在所述接地点处与所述第一辐射体电连接，所述接地元件的另一端接地。

16. 根据权利要求 15 所述的电子设备，其特征在于，所述接地元件为电容。

30 17. 根据权利要求 1 至 16 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备还包括匹配网络和馈电单元，所述匹配网络的一端在所述馈电点处与所述第一辐射体电连接，所述匹配网络的另一端与所述馈电单元电连接。

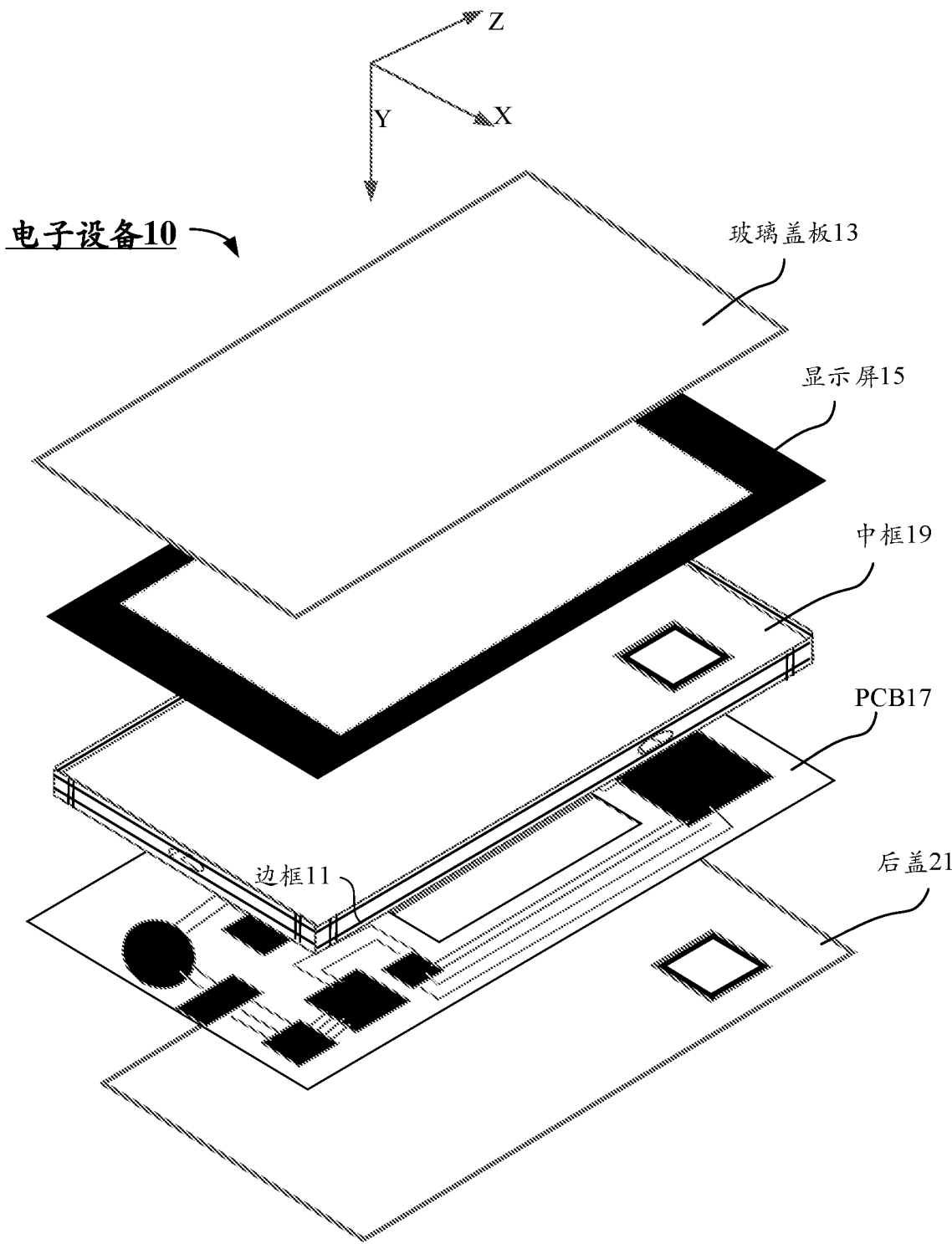


图 1

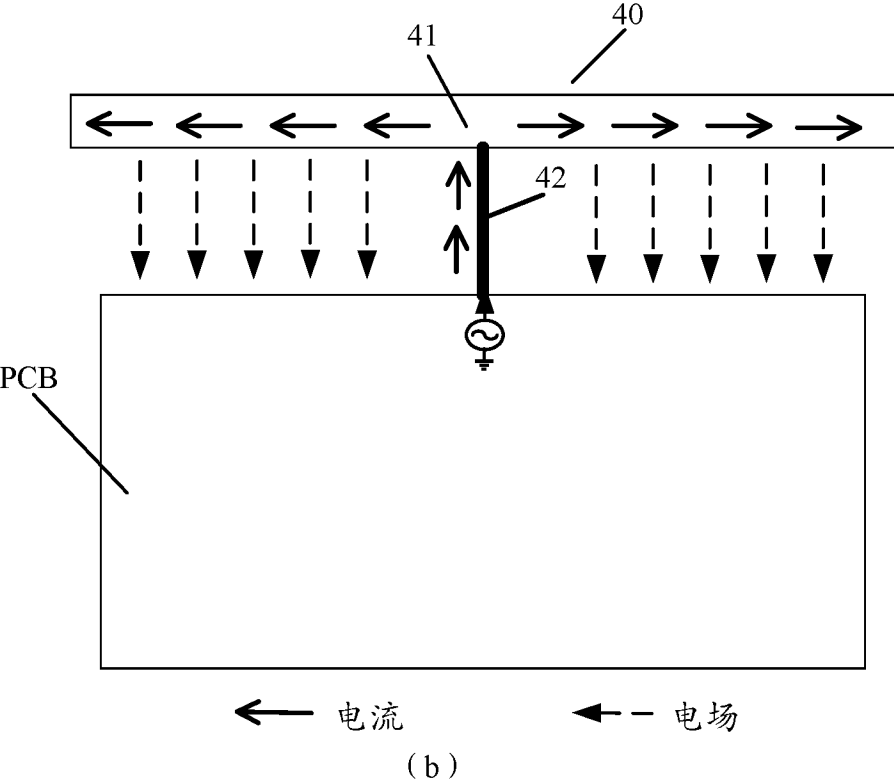
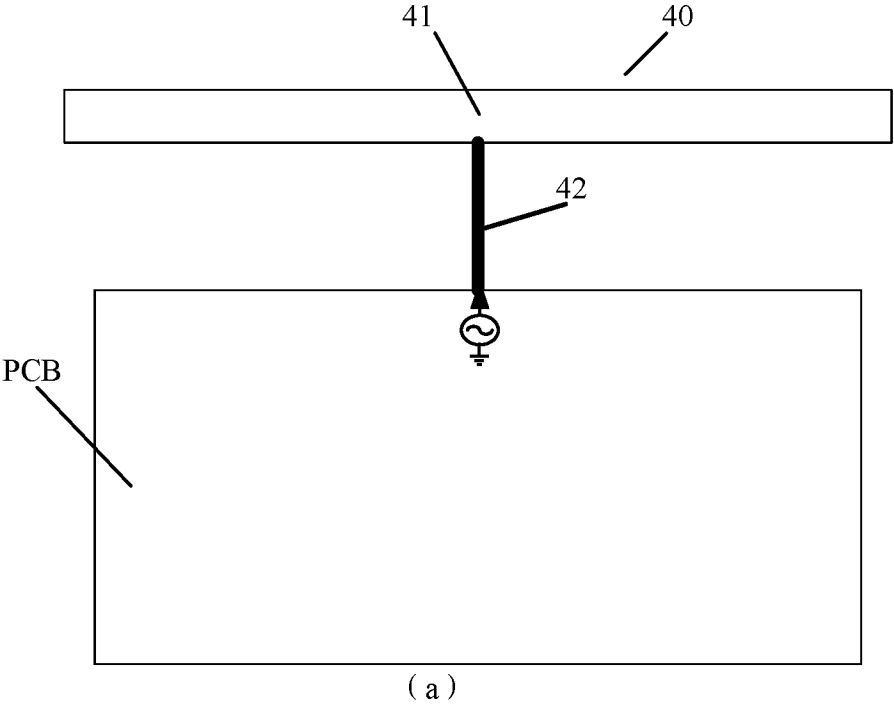
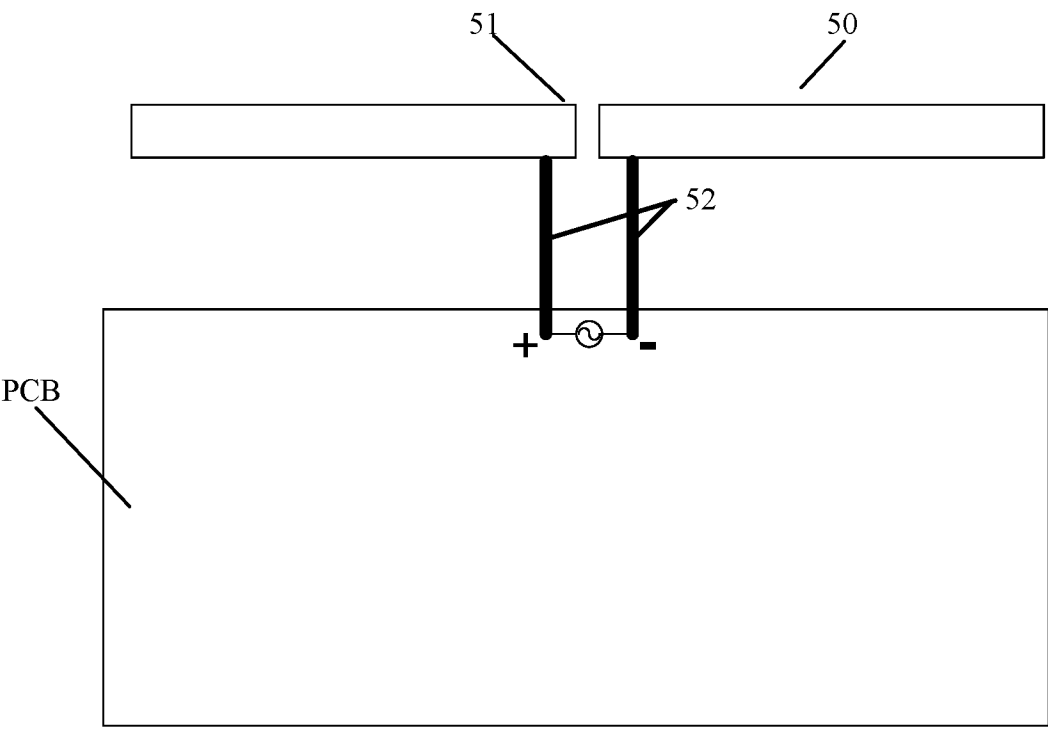
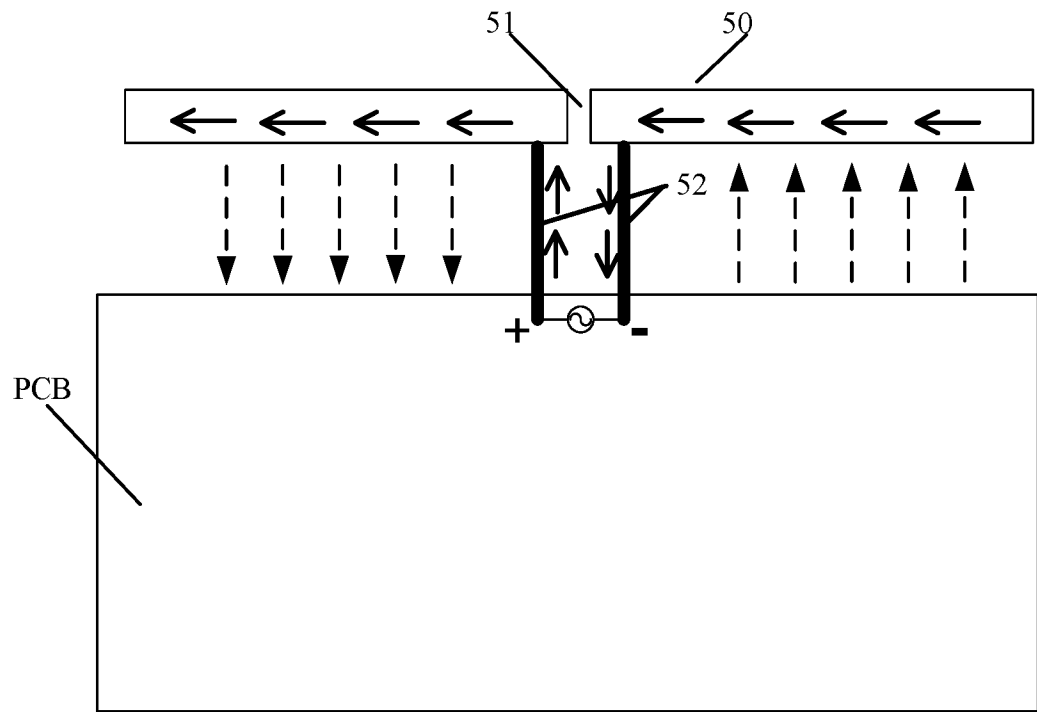


图 2



(a)



← 电流 ← - 电场

(b)

图 3

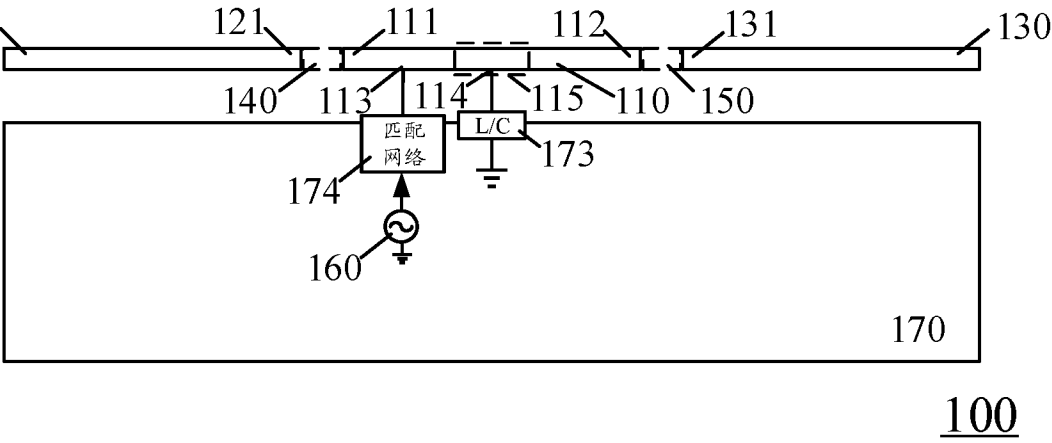


图 4

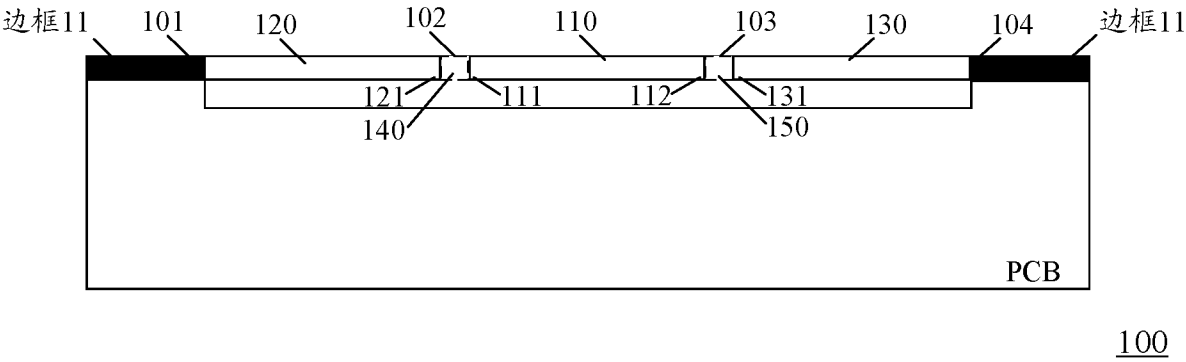


图 5

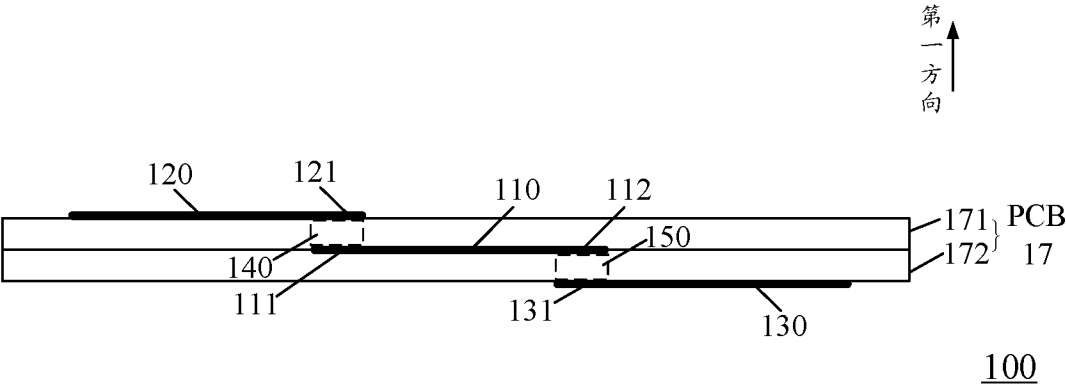


图 6

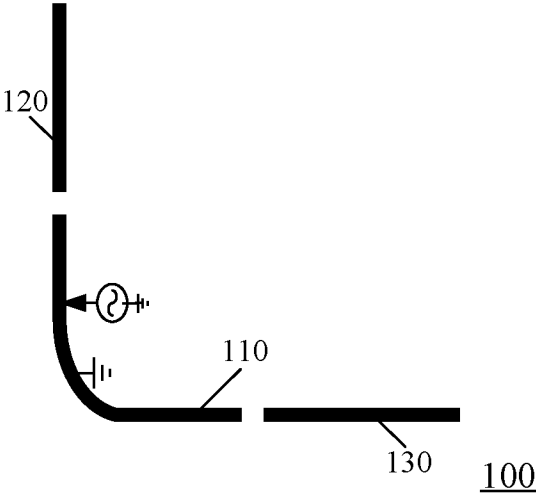


图 7

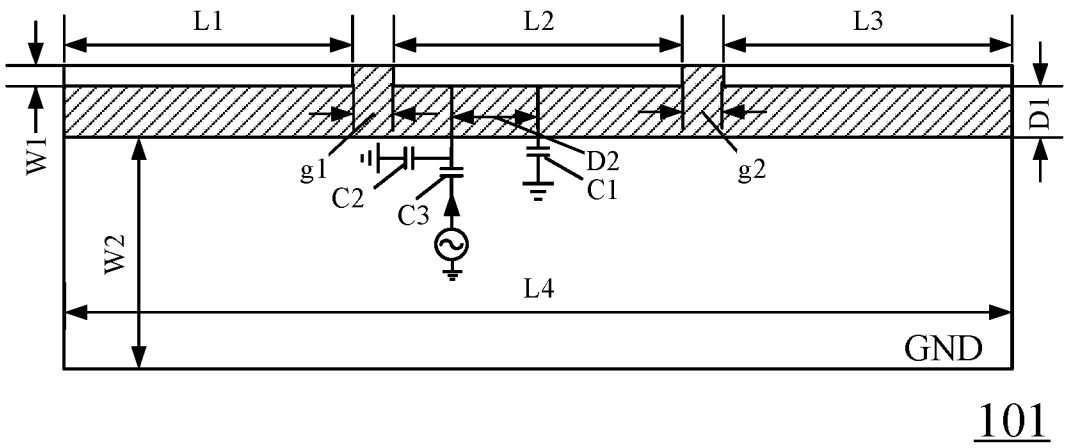


图 8

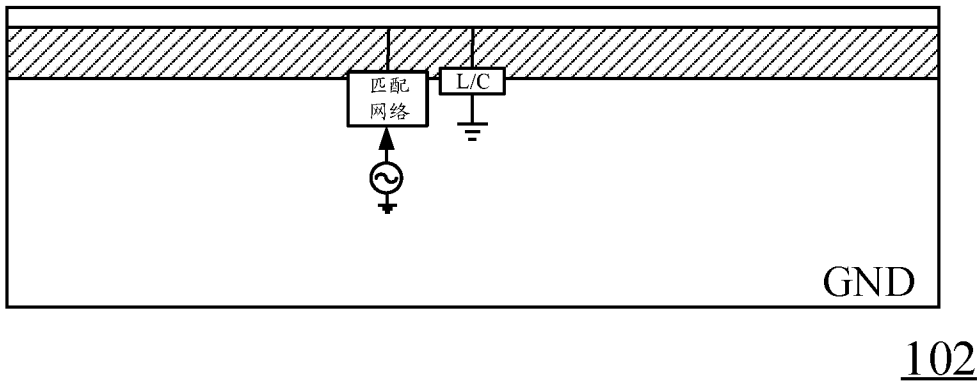
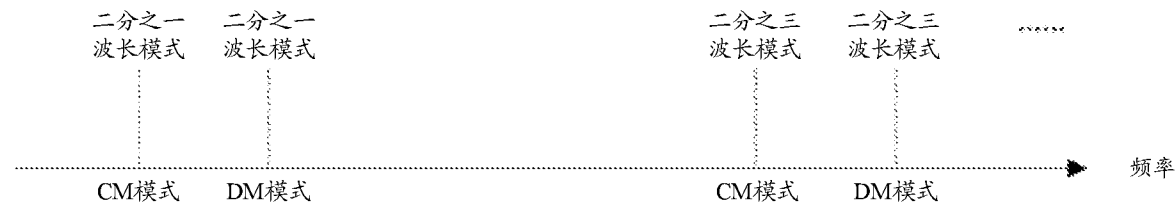
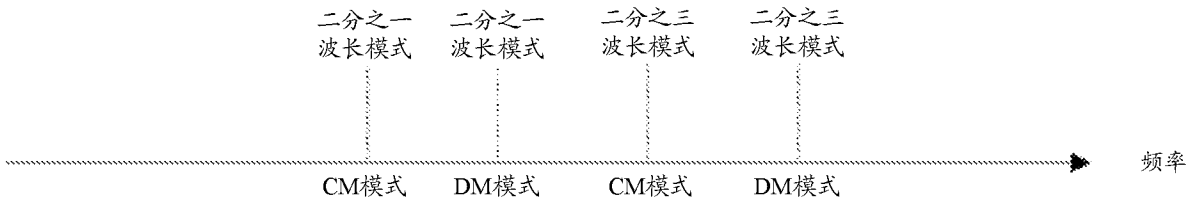


图 9



(a)



(b)

图 10

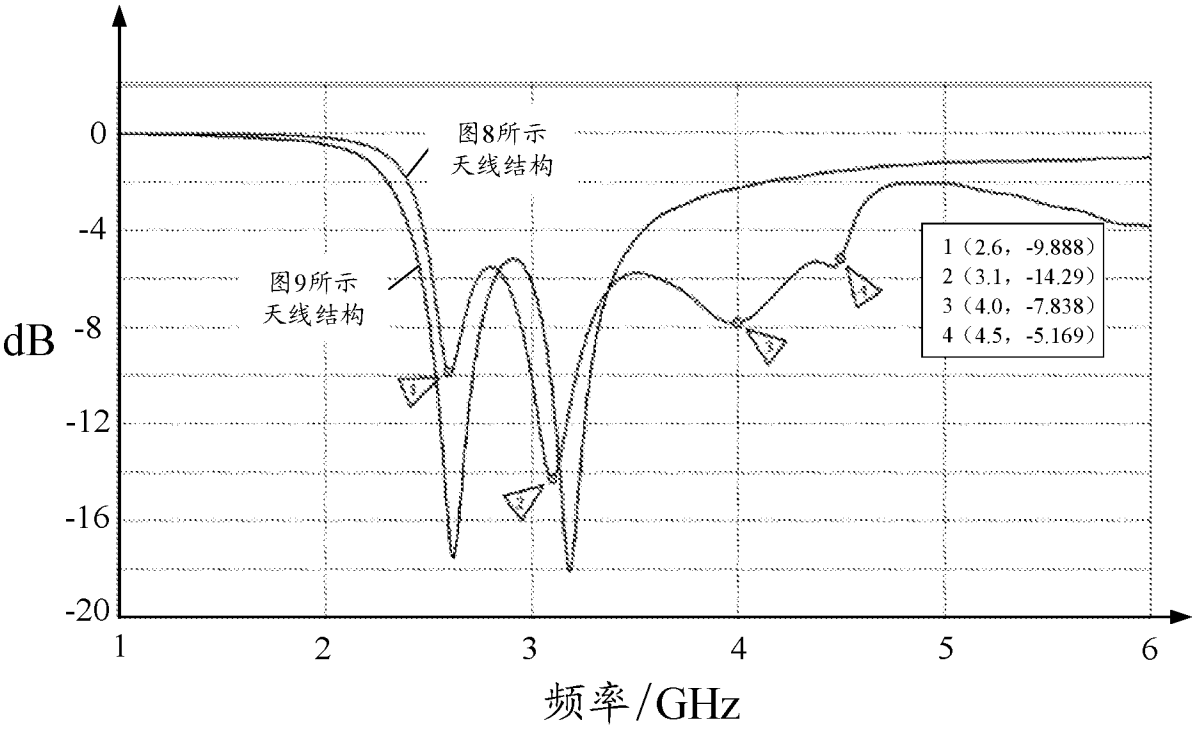


图 11

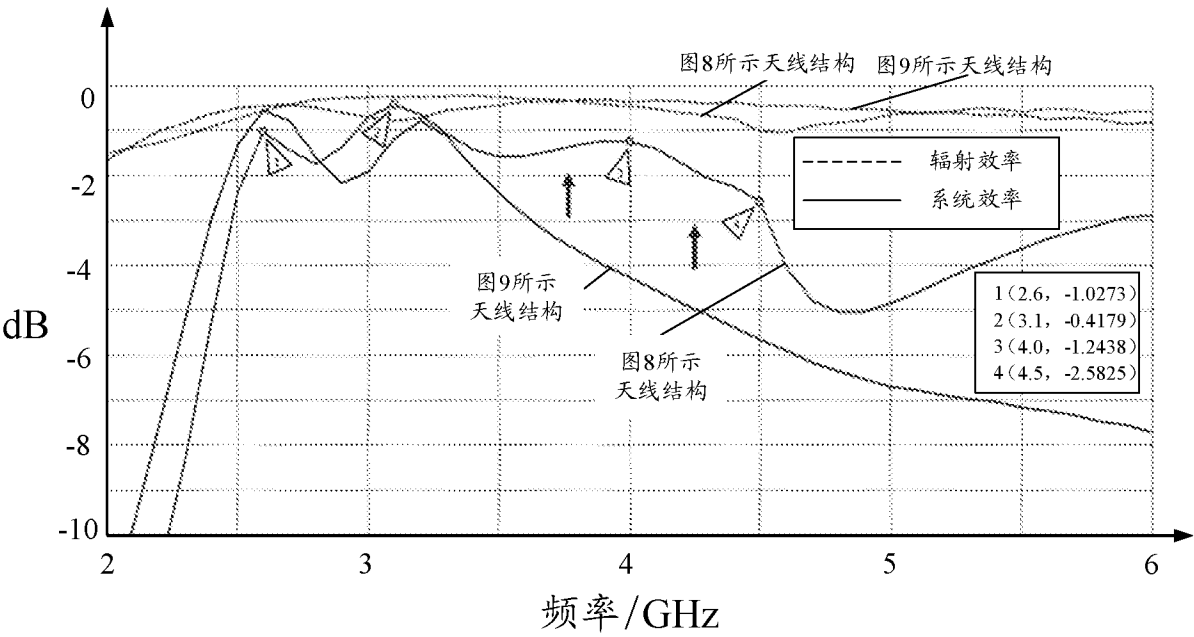


图 12

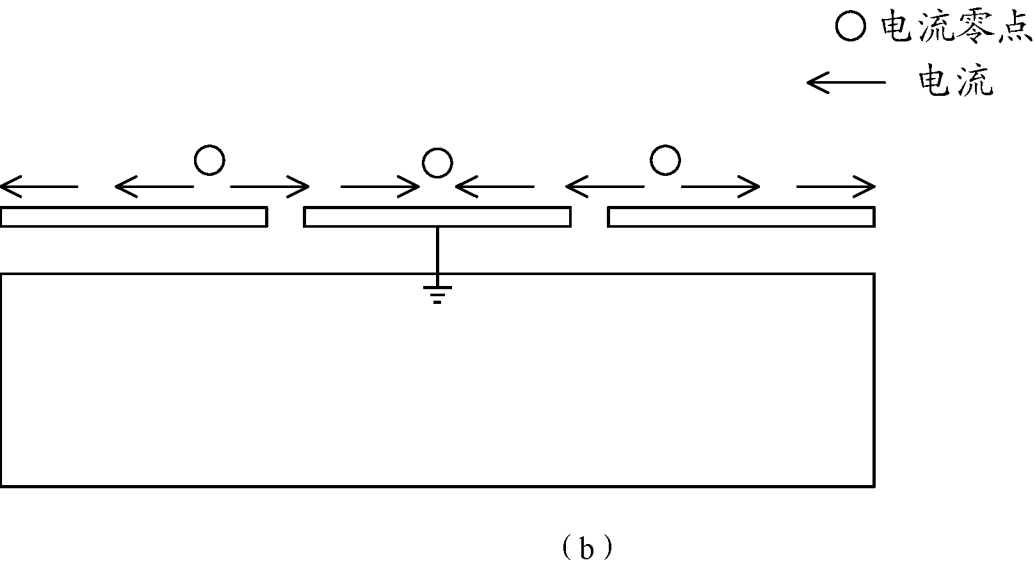
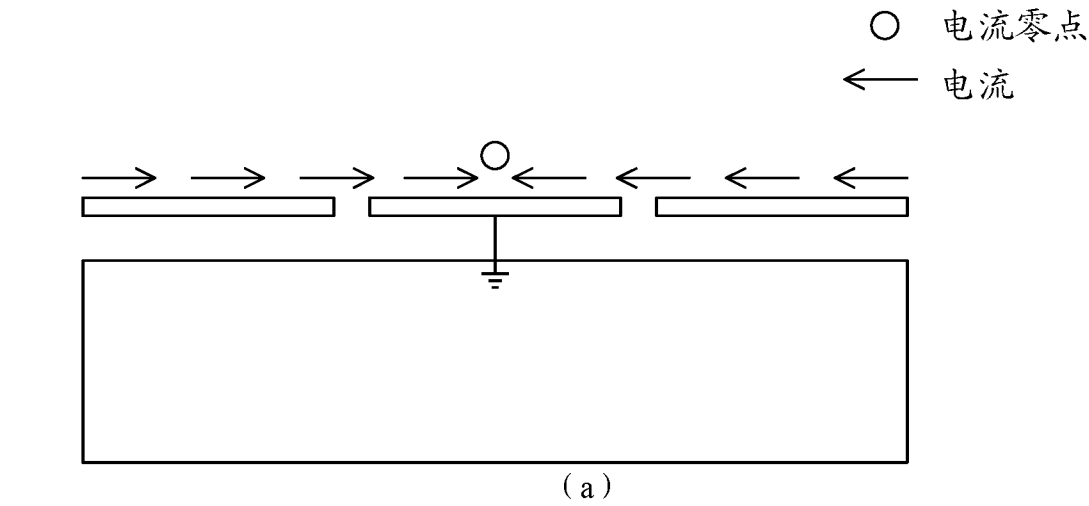


图 13

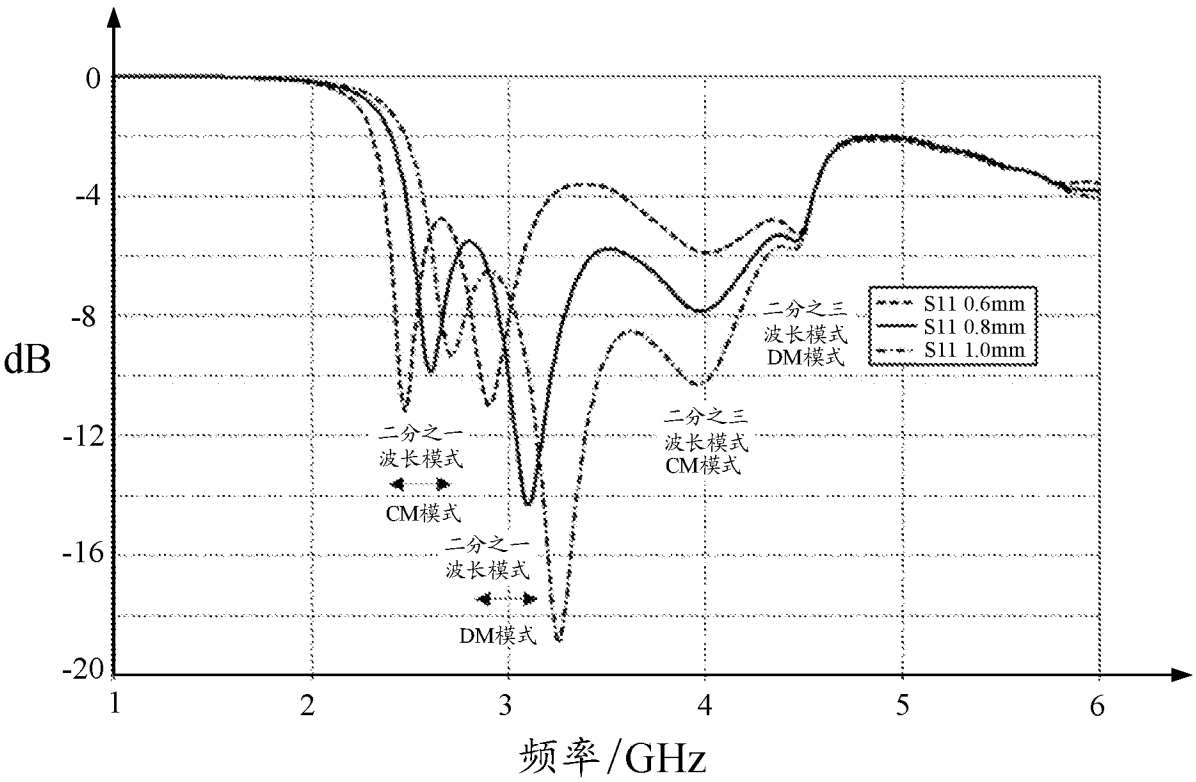


图 14

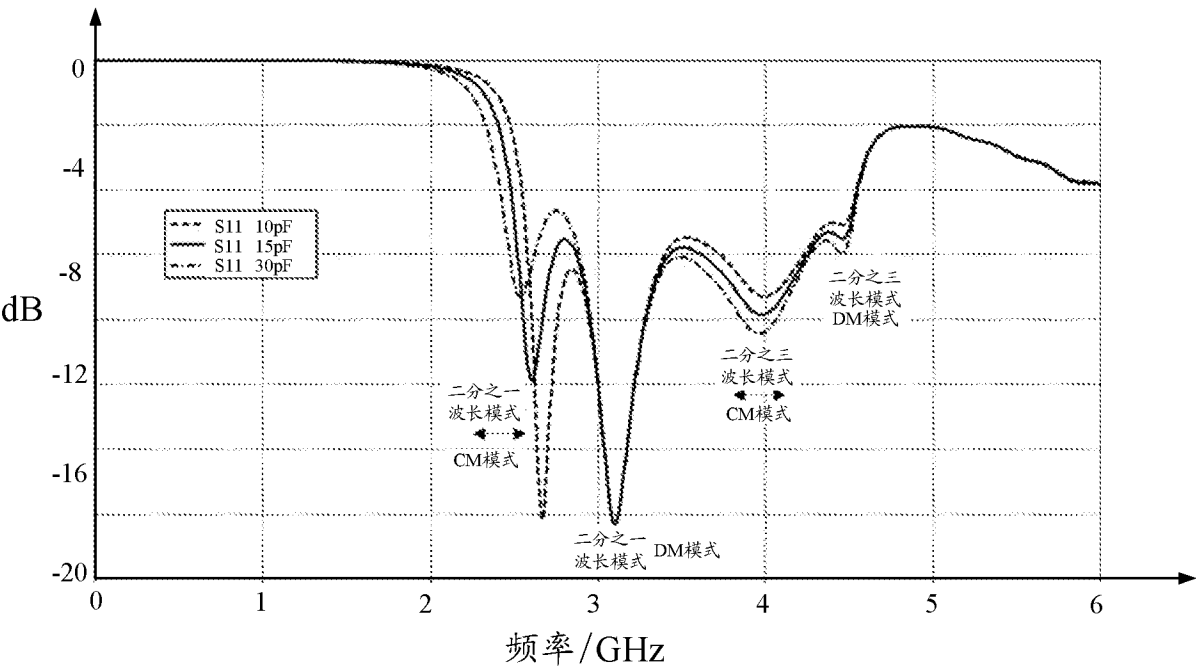
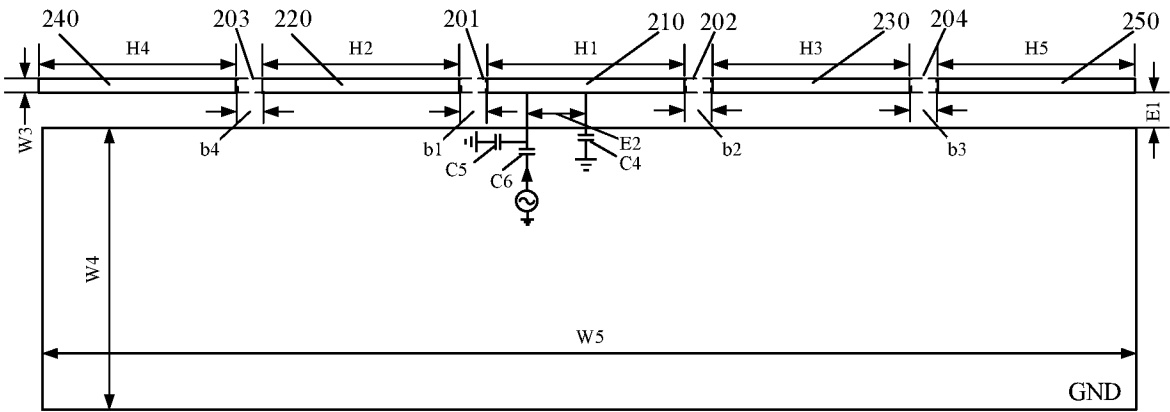


图 15



200

图 16

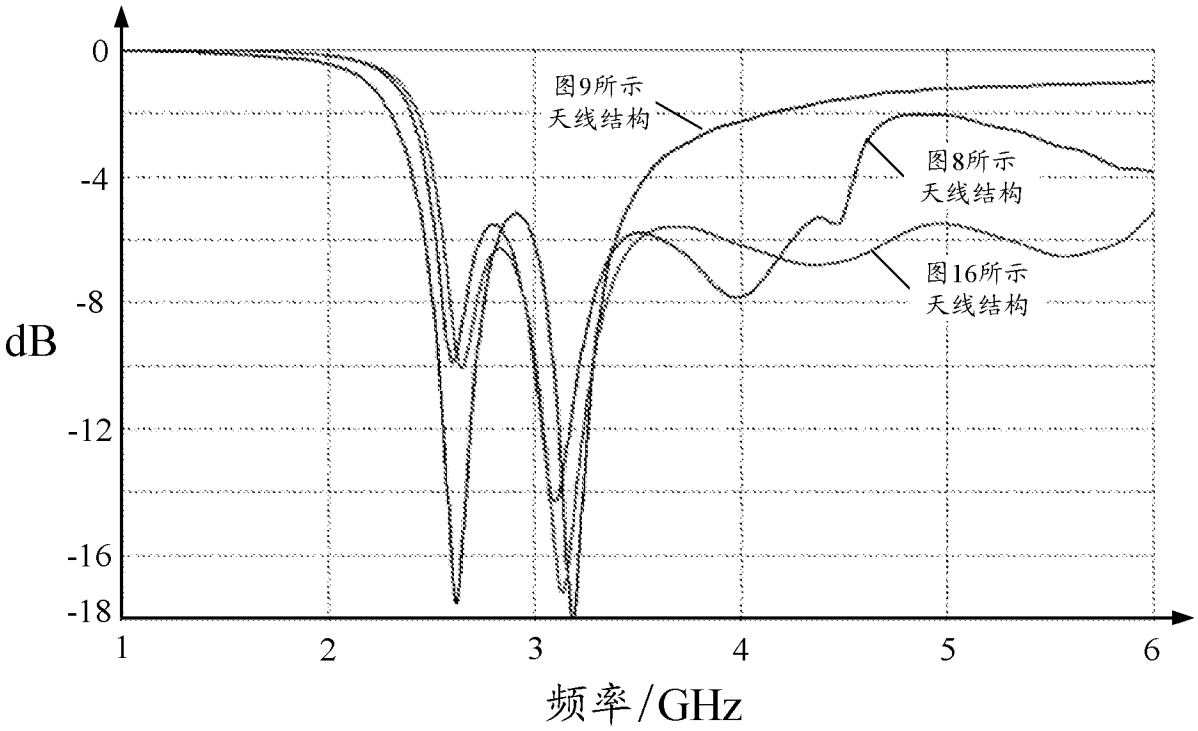


图 17

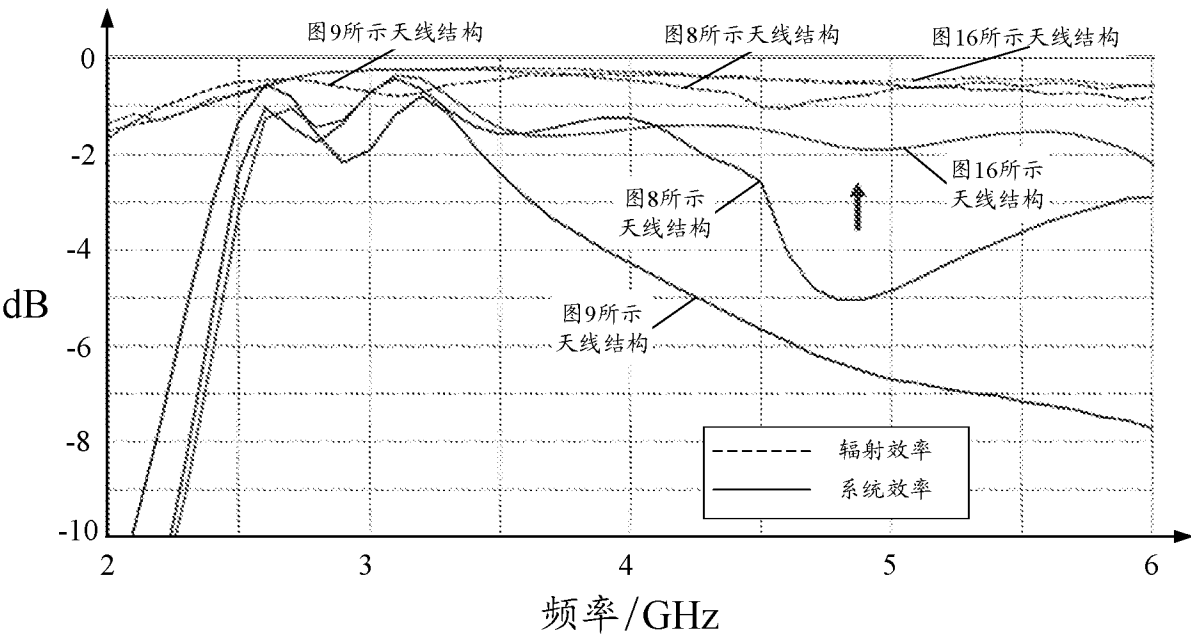


图 18

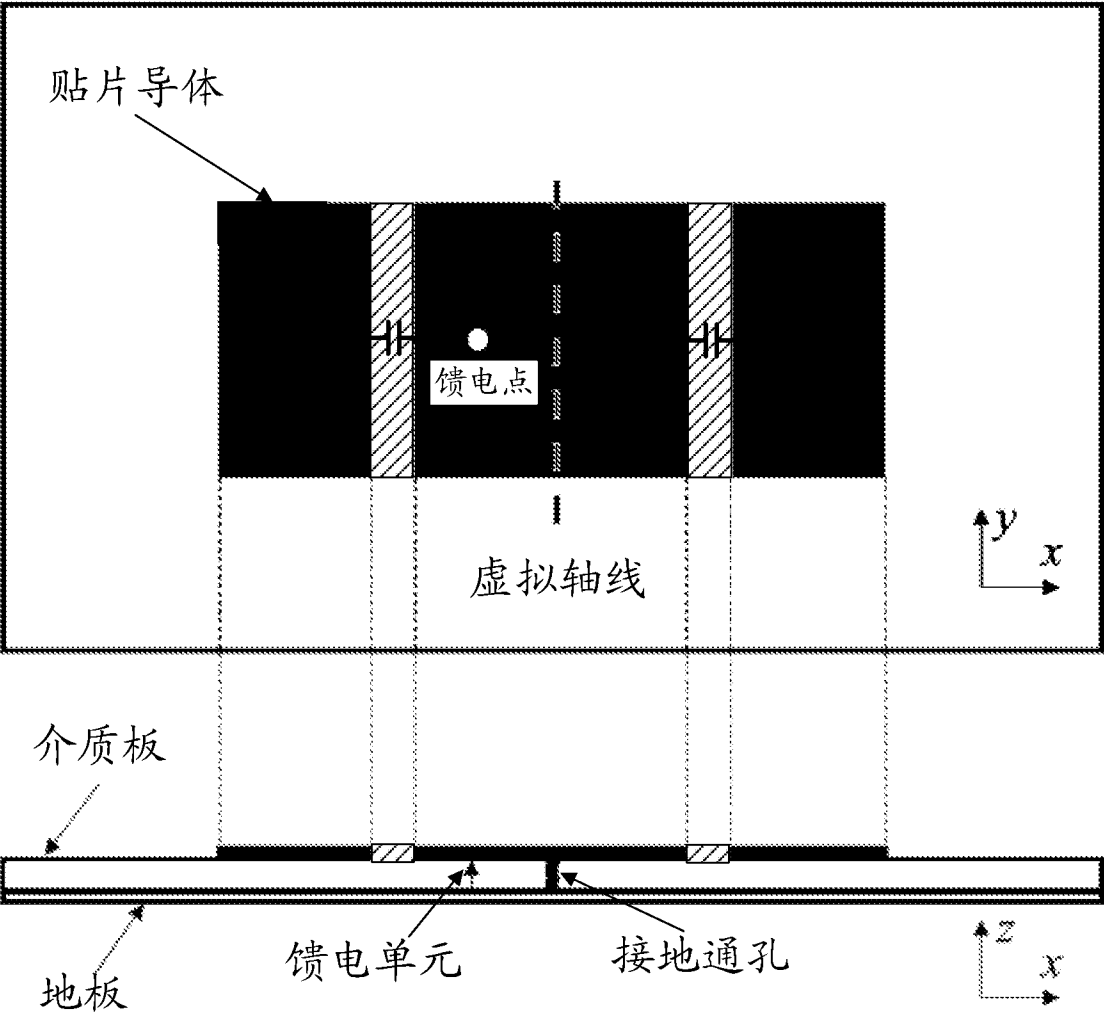


图 19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/140767

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q 5/10(2015.01)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

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, CNKI, WPI, EPODOC: 第一, 第二, 第三, 辐射, 中心, 中部, 接地, 馈电, first, second, third, radiator, center, ground, feeding point

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 113013594 A (GUANGDONG OPPO MOBILE COMMUNICATIONS CO., LTD.) 22 June 2021 (2021-06-22) description, paragraphs [0036]-[0074], and figure 1	1-17
X	CN 112751174 A (GUANGDONG OPPO MOBILE COMMUNICATIONS CO., LTD.) 04 May 2021 (2021-05-04) description, paragraphs [0076]-[0092]	1-17
X	CN 112751213 A (GUANGDONG OPPO MOBILE COMMUNICATIONS CO., LTD.) 04 May 2021 (2021-05-04) description, paragraphs [0055]-[0076]	1-17
X	CN 113013593 A (GUANGDONG OPPO MOBILE COMMUNICATIONS CO., LTD.) 22 June 2021 (2021-06-22) description, paragraphs [0069]-[0086]	1-17
A	CN 112736432 A (GUANGDONG OPPO MOBILE COMMUNICATIONS CO., LTD.) 30 April 2021 (2021-04-30) entire document	1-17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 January 2023

Date of mailing of the international search report

11 February 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/140767

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018277925 A1 (PEGATRON CORP.) 27 September 2018 (2018-09-27) entire document	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/140767

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113013594	A	22 June 2021	None			
CN	112751174	A	04 May 2021	WO	2022142822	A1	07 July 2022
CN	112751213	A	04 May 2021	WO	2022142820	A1	07 July 2022
CN	113013593	A	22 June 2021	None			
CN	112736432	A	30 April 2021	WO	2022142659	A1	07 July 2022
US	2018277925	A1	27 September 2018	CN	108631058	A	09 October 2018
				TW	201836213	A	01 October 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/140767

A. 主题的分类

H01Q 5/10 (2015.01) 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

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, CNKI, WPI, EP000C: 第一, 第二, 第三, 辐射, 中心, 中部, 接地, 馈电, first, second, third, radiator, center, ground, feeding point

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	CN 113013594 A (OPP0广东移动通信有限公司) 2021年6月22日 (2021 - 06 - 22) 说明书第[0036]-[0074]段, 附图1	1-17
X	CN 112751174 A (OPP0广东移动通信有限公司) 2021年5月4日 (2021 - 05 - 04) 说明书第[0076]-[0092]段	1-17
X	CN 112751213 A (OPP0广东移动通信有限公司) 2021年5月4日 (2021 - 05 - 04) 说明书第[0055]-[0076]段	1-17
X	CN 113013593 A (OPP0广东移动通信有限公司) 2021年6月22日 (2021 - 06 - 22) 说明书第[0069]-[0086]段	1-17
A	CN 112736432 A (OPP0广东移动通信有限公司) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 全文	1-17
A	US 2018277925 A1 (PEGATRON CORPORATION) 2018年9月27日 (2018 - 09 - 27) 全文	1-17

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2023年1月31日

国际检索报告邮寄日期

2023年2月11日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

冯骥

电话号码 (+86) 010-53961610

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/140767

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	113013594	A	2021年6月22日	无			
CN	112751174	A	2021年5月4日	W0	2022142822	A1	2022年7月7日
CN	112751213	A	2021年5月4日	W0	2022142820	A1	2022年7月7日
CN	113013593	A	2021年6月22日	无			
CN	112736432	A	2021年4月30日	W0	2022142659	A1	2022年7月7日
US	2018277925	A1	2018年9月27日	CN	108631058	A	2018年10月9日
				TW	201836213	A	2018年10月1日