



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104347931 B

(45)授权公告日 2018.11.09

(21)申请号 201310337344.7

H01Q 1/50(2006.01)

(22)申请日 2013.08.05

H01Q 5/10(2015.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01Q 5/357(2015.01)

申请公布号 CN 104347931 A

H01Q 5/378(2015.01)

H01Q 1/22(2006.01)

(43)申请公布日 2015.02.11

(56)对比文件

(73)专利权人 联想(北京)有限公司

CN 101589507 A,2009.11.25,全文.

地址 100085 北京市海淀区上地信息产业
基地创业路6号

US 2011134009 A1,2011.06.09,全文.

CN 102368575 A,2012.03.07,全文.

(72)发明人 牛家晓 林金强 刘瑾

审查员 龙平

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限
公司 11227

代理人 王宝筠

(51)Int.Cl.

H01Q 1/36(2006.01)

H01Q 1/48(2006.01)

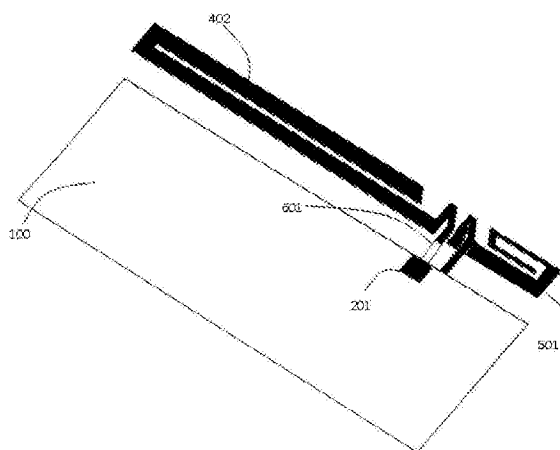
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种可调多频天线

(57)摘要

本申请公开了一种可调多频天线,包括:第一单极天线、可调器件和寄生接地线,其中,所述可调器件与所述射频端口相连接;所述第一单极天线的一端与所述可调器件相连接,另一端开路设置;所述寄生接地线的一端与所述移动设备的地线相连接,另一端开路设置。该可调多频天线通过设置可调器件的不同工作状态,可以调整第一单极天线的电长度,进而可以改变第一单极天线的频段。由于该可调多频天线在安装时,只需一个接地点和一个馈点,因此可以节省接地弹片,不仅可以节省空间、成本,而且较少的连接点,可以降低后续故障发生的概率。



1. 一种可调多频天线,应用于移动设备,其特征在于,所述移动设备的射频端口的接地部分与所述移动设备的地线相连接,该可调多频天线包括:

第一单极天线、可调器件和寄生接地线,其中,

所述可调器件与所述射频端口相连接;

所述第一单极天线的一端与所述可调器件相连接,另一端开路设置;

所述寄生接地线的一端与所述移动设备的地线相连接,另一端开路设置;

其中,所述可调多频天线还包括:第二单极天线,所述第二单极天线一端与所述射频端口相连接,另一端与所述可调器件相连接,使得所述第二单极天线串联连接在所述射频端口与所述可调器件之间;

其中,所述第二单极天线的长度小于等于所述第一单极天线和第二单极天线的长度之和的 $1/5$ 。

2. 根据权利要求1所述的可调多频天线,其特征在于,所述第一单极天线的长度等于所述可调多频天线设计频段中低频频率波长的 $1/4$ 。

3. 根据权利要求2所述的可调多频天线,其特征在于,所述第一单极天线的形状为直线状、回折状或对折状。

4. 根据权利要求3所述的可调多频天线,其特征在于,所述可调器件包括:开关、可调电容、变容二极管或可调电感。

5. 根据权利要求1所述的可调多频天线,其特征在于,所述第一单极天线和第二单极天线的长度之和等于所述可调多频天线设计频段中高频频率波长的 $1/4$ 。

6. 根据权利要求5所述的可调多频天线,其特征在于,所述可调多频天线还包括:

匹配电路,

所述匹配电路的一端与所述射频端口相连接,另一端与所述第二单极天线相连接,使得所述匹配电路串联连接在所述射频端口与所述第二单极天线之间。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的可调多频天线,其特征在于,所述寄生接地线的长度等于所述可调多频天线设计频段中高频频率波长的 $1/4$ 。

8. 根据权利要求7所述的可调多频天线,其特征在于,所述寄生接地线的形状为直线状、回折状或对折状。

一种可调多频天线

技术领域

[0001] 本申请涉及天线技术领域,特别是涉及一种可调多频天线。

背景技术

[0002] 目前,手机等移动终端的结构越来越复杂,留给天线的空间越来越小。

[0003] 天线的空间变小,将导致天线的体积将变小,这也就意味着天线的带宽会变窄。而在实际使用中,由于要覆盖多种不同的通信制式,天线经常需要覆盖多个频段,以目前常用的手机天线为例,其通常低频段需要覆盖824-960MHz,高频段需要覆盖1710-2170MHz。

[0004] 但随着LTE快速进入市场,天线也需要覆盖LTE频段。在LTE系统中,频带最低能达到698MHz,这就意味着要求手机天线的低频段需要覆盖698-960MHz。然而在目前手机天线所能利用的空间条件下,采用传统的天线设计方案是无法满足这么宽的带宽的。

[0005] 虽然目前现有的一些天线,通过在单极子天线与地之间设置可调器件,进而具有一些可调谐功能,但这些方案需要的接地点和馈点为3个,因此在实际应用中,需要设置不少于3个弹片,这一方面会增加成本,另一方面,可调器件连接在天线走线与地之间,对连接位置的要求比较高,增加了制造的难度。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本申请实施例提供一种可调多频天线,其内设置可调器件,只需一个接地点和一个馈点,即可实现方便对天线长度进行调节,进而调节天线的频段。

[0007] 为了实现上述目的,本申请实施例提供的技术方案如下:

[0008] 一种可调多频天线,应用于移动设备,所述移动设备的射频端口的接地部分与所述移动设备的地线相连接,该可调多频天线包括:

[0009] 第一单极天线、可调器件和寄生接地线,其中,

[0010] 所述可调器件与所述射频端口相连接;

[0011] 所述第一单极天线的一端与所述可调器件相连接,另一端开路设置;

[0012] 所述寄生接地线的一端与所述移动设备的地线相连接,另一端开路设置。

[0013] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述第一单极天线的长度等于所述可调多频天线设计频段中低频频率波长的1/4。

[0014] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述第一单极天线的形状为直线状、回折状或对折状。

[0015] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述可调器件包括:开关、可调电容、变容二极管或可调电感。

[0016] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述可调多频天线还包括:

[0017] 匹配电路,

[0018] 所述匹配电路的一端与所述射频端口相连接,另一端与所述可调器件相连接,使得所述匹配电路串联连接在所述射频端口与所述可调器件之间。

- [0019] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述可调多频天线还包括:
- [0020] 第二单极天线,
- [0021] 所述第二单极天线一端与所述射频端口相连接,另一端与所述可调器件相连接,使得所述第二单极天线串联连接在所述射频端口与所述可调器件之间。
- [0022] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述第一单极天线和第二单极天线的长度之和等于所述可调多频天线设计频段中高频频率波长的 $1/4$ 。
- [0023] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述第二单极天线的长度小于等于所述第一单极天线和第二单极天线的长度之和的 $1/5$ 。
- [0024] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述可调多频天线还包括:
- [0025] 匹配电路,
- [0026] 所述匹配电路的一端与所述射频端口相连接,另一端与所述第二单极天线相连接,使得所述匹配电路串联连接在所述射频端口与所述第二单极天线之间。
- [0027] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述寄生接地线的长度等于所述可调多频天线设计频段中高频频率波长的 $1/4$ 。
- [0028] 本申请实施例提供的上述可调多频天线中,所述寄生接地线的形状为直线状、回折状或对折状。
- [0029] 由以上技术方案可见,本申请实施例提供的该可调多频天线,包括:第一单极天线、可调器件和寄生接地线,其中,所述可调器件与所述射频端口相连接;所述第一单极天线的一端与所述可调器件相连接,另一端开路设置;所述寄生接地线的一端与所述移动设备的接地线相连接,另一端开路设置。该可调多频天线通过设置可调器件的不同工作状态,可以调整第一单极天线的电长度,进而可以改变第一单极天线的频段。这样将可调器件的多个工作状态所对应工作频段相组合,即可使得该多频可调天线的频段能够覆盖一个宽频带,满足移动设备对频带的需要。并且,该多频可调天线在进行低频调整时,对高频几乎不产生影响,方便对频带进行控制。
- [0030] 由于本申请实施例提供的该可调多频天线在安装到移动设备中时,只需一个接地点和一个馈点,因此可以节省接地弹片,相对与那些需要设置地弹片多频天线而言,不仅可以节省空间、成本,而且较少的连接点,可以降低后续故障发生的概率。
- [0031] 另外,本申请实施例中,可调器件离天线馈电端(即馈点)很近,这使得该可调多频天线易于集成到PCB板上,降低了加工难度,提高了加工效率。

附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0033] 图1为本申请实施例提供的一种可调多频天线的结构示意图;
- [0034] 图2为本申请实施例提供的另一种可调多频天线的结构示意图;
- [0035] 图3为本申请实施例提供的一种可调器件的控制原理图;
- [0036] 图4为本申请实施例提供的另一种可调多频天线的结构示意图;

- [0037] 图5为本申请实施例提供的又一种可调多频天线的结构示意图；
- [0038] 图6为本申请实施例提供的又一种可调多频天线的结构示意图；
- [0039] 图7为本申请实施例提供的另一种可调器件的控制原理图；
- [0040] 图8为本申请实施例提供的又一种可调多频天线的结构示意图；
- [0041] 图9为本申请实施例提供的又一种可调多频天线的结构示意图；
- [0042] 图10为本申请实施例提供的可调多频天线的回波损耗实验数据图。

具体实施方式

[0043] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本申请保护的范围。

[0044] 该多频天线应用于移动设备中,例如:手机、平板电脑等设备,随着移动设备的超薄超轻量化发展,其结构越来越复杂,并且体积越来越小,移动设备内设置天线的空间也随着变小,但为了覆盖较多频段,在有限的空间内利益那个传动的天线设计方案,显然无法满足要求。

[0045] 实施例一:

[0046] 图1为本申请实施例提供的一种可调多频天线的结构示意图。

[0047] 图中100为移动设备的地线,可以为移动设备中的接地电路或其他接地板等。201为射频端口的接地部分,并且射频端口201的接地部分与移动设备的地线100相连接。

[0048] 如图1所示,本申请实施例提供的该可调多频天线包括:第一单极天线402、可调器件601和寄生接地线501,其中:

[0049] 第一单极天线402通过可调器件601与射频端口201相连接,寄生接地线501直接与移动设备的地线100相连接。

[0050] 第一单极天线402的一端与可调器件相连接,另一端开路设置。在本申请实施例中,第一单极天线402的长度等于该可调多频天线设计频段中低频频率波长的 $1/4$,这里可调多频天线的设计频段,可以为预先设定的,并且在实际应用中,设计频段可以自由更改。

[0051] 第一单极天线402的形状可以有多种,例如:直线状、回折状或对折状。从移动设备内的天线空间来看,当移动设备内设置的天线空间足够,第一单极天线402可以采用直线状的形状,如图1所示。

[0052] 另外,当移动设备内的天线空间较小或者对于某些移动设备而言,四分之一的波长还是太大了,在这种情况下可以用增加天线的电感来增加天线的电气长度,即可以将第一单极天线402的形状设计为回折状或对折状,如图2所示,这里回折状包括线圈等环形形状。

[0053] 寄生接地线501的一端与所述移动设备的地线100相连接,另一端开路设置。在本申请实施例中,寄生接地线501的长度等于所述可调多频天线设计频段中高频频率波长的 $1/4$ 。另外,寄生接地线501的形状为直线状、回折状或对折状,如图1所示,寄生接地线501为直线状,如图2所示,寄生接地线501为回折状。

[0054] 在本申请实施例中,寄生接地线501的作用是产生高频段的谐振,并且由于寄生接地线501的长度固定不变,所以该可调多频天线在低频变化的情况下,高频部分是稳定不变的。

[0055] 可调器件601连接在第一单极天线402与射频端口201之间。在本申请实施例中,可调器件601可以包括:开关、可调电容、容变二极管或可调电感等等。

[0056] 图3为本申请实施例提供的一种可调器件的控制原理图。

[0057] 图3中包括控制元件700,处理器800,连接端口900,可调器件601与第一单极天线402。如图3所示,可调器件601与第一单极天线402相连接,控制元件700的输出端与可调器件601相连接,控制元件700的输入端通过连接端口900与处理器800相连接。

[0058] 在具体工作时,处理器800可以生成不同的调节指令,并且将调节指令通过连接端口900输出给控制元件700,而控制元件700则根据调节指令对可调器件的参数进行调节。

[0059] 控制元件700为电参数调节电路或机械装置,并且在本申请实施例中,控制元件700可以设置在或集成在可调器件601的内部。另外,当可调器件601为开关的时候,可调器件601还可以串联一些集总的器件。

[0060] 当处理器800根据使用情况判断需要让可调器件601工作在何种状态。根据判断结果通过连接接口900发送指令给可调器件601的控制元件700。控制元件700接收到处理器800发送的指令开始工作控制可调器件601到需要的状态。

[0061] 通过设置可调器件601的不同工作状态,可以调整第一单极天线402的电长度,进而可以改变第一单极天线405的频段。这样将可调器件601的多个工作状态所对应工作频段相组合,即可使得该多频可调天线的频段能够覆盖一个宽频带,满足移动设备对频带的需要。并且,该多频可调天线在进行低频调整时,对高频几乎不产生影响,方便对频带进行控制。

[0062] 由于本申请实施例提供的该可调多频天线在安装到移动设备中时,只需一个接地点和一个馈点,其中,接地点为与寄生接地天线相连接的点,馈电为与第一单极天线相连接的点,因此可以节省接地弹片,相对与那些需要设置地弹片多频天线而言,不仅可以节省空间、成本,而且较少的连接点,可以降低后续故障发生的概率。

[0063] 实施例二:

[0064] 图4为本申请实施例提供的另一种可调多频天线的结构示意图。

[0065] 如图4所示,在实施例一的基础上,该可调多频天线还可以包括:匹配电路301,其中,

[0066] 匹配电路301的一端与所述射频端口201相连接,另一端与所述可调器件601相连接,使得所述匹配电路301串联连接在所述射频端口201与所述可调器件601之间。

[0067] 在本申请实施例中,匹配电路301可以为集总元件,例如:一般的电容、电感等,匹配电路301的作用是将该可调多频天线的工作频段调整到最佳。

[0068] 实施例三:

[0069] 图5为本申请实施例提供的又一种可调多频天线的结构示意图。

[0070] 如图5所示,在上述实施例一的基础上,该多频可调天线还可以包括:第二单极天线401,其中:

[0071] 第二单极天线401一端与射频端口201相连接,另一端与所述可调器件601相连接,

使得所述第二单极天线401串联连接在所述射频端口201与所述可调器件601之间。

[0072] 通过上述设置,可以使得第一单极天线402和第二单极天线401作用一个整体单极天线来工作。

[0073] 在本申请实施例中,第一单极天线402和第二单极天线401的长度之和等于所述可调多频天线设计频段中高频频率波长的 $1/4$ 。

[0074] 另外,第二单极天线401的长度小于等于所述第一单极天线402和第二单极天线401的长度之和的 $1/5$,即第二单极天线401的长度可以0到由第一单极天线402和第二单极天线401组成的整体天线长度的 $1/5$ 之间的任意数值,并且包括右端的数值。这是因为,当第二单极天线401的长度等于0时,即意味着可以省去第二单极天线401,使得可调器件601直接与射频端口201相连接,即实施例一中的所描述的方案。

[0075] 此外,在本申请其他实施例中,对于一些特殊移动设备而言,第二单极天线401的长度还可以超过由第一单极天线402和第二单极天线401组成的整体天线的长度的 $1/5$ 。

[0076] 在本申请实施例中,由于第二单极天线401的长度较小,通常第二单极天线401为直线状,而第一单极天线402的形状可以有多种,例如:直线状、回折状或对折状。从移动设备内的天线空间来看,当移动设备内设置的天线空间足够,第一单极天线402可以采用直线状的形状,如图5所示。

[0077] 另外,当移动设备内的天线空间较小或者对于某些移动设备而言,四分之一的波长还是太大了,在这种情况下可以用增加天线的电感来增加天线的电气长度,即可以将第一单极天线402的形状设计为回折状或对折状,这里回折状包括线圈等环形形状,如图6所示。

[0078] 寄生接地线501的一端与所述移动设备的地线100相连接,另一端开路设置。在本申请实施例中,寄生接地线501的长度等于所述可调多频天线设计频段中高频频率波长的 $1/4$ 。另外,寄生接地线501的形状为直线状、回折状或对折状,如图5所示,寄生接地线501的形状为直线状,如图6所示,寄生接地线501为回折状。

[0079] 在本申请实施例中,寄生接地线501的作用是产生高频段的谐振,并且由于寄生接地线501的长度固定不变,所以该可调多频天线在低频变化的情况下,高频部分是稳定不变的。

[0080] 在本申请实施例中,可调器件601连接在第一单极天线402与第二单极天线401之间。在本申请实施例中,可调器件601可以包括:开关、可调电容、容变二极管或可调电感等等。

[0081] 图7为本申请实施例提供的另一种可调器件的控制原理图。

[0082] 图7中包括控制元件700,处理器800,连接端口900,可调器件601与第一单极天线402。如图7所示,可调器件601与第一单极天线402和第二单极天线401分别相连接,控制元件700的输出端与可调器件601相连接,控制元件700的输入端通过连接端口900与处理器800相连接。

[0083] 在具体工作时,处理器800可以生成不同的调节指令,并且将调节指令通过连接端口900输出给控制元件700,而控制元件700则根据调节指令对可调器件601的参数进行调节。

[0084] 在本申请实施例中,控制元件700为电参数调节电路或机械装置。另外,当可调器

件601为开关的时候,可调器件601还可以串联一些集总的器件。

[0085] 当处理器800根据使用情况判断需要让可调器件601工作在何种状态。根据判断结果通过连接接口900发送指令给可调器件601的控制元件700。控制元件700接收到处理器800发送的指令开始工作控制可调器件601到需要的状态。

[0086] 通过设置可调器件601的不同工作状态,可以调整由第一单极天线402和第二单极天线401组成的整体单极天线的电长度,进而可以改变整体单极天线的频段。这样将可调器件601的多个工作状态所对应工作频段相组合,即可使得该多频可调天线的频段能够覆盖一个宽频带,满足移动设备对频带的需要。另外,该多频可调天线在进行低频调整时,对高频几乎不产生影响,方便对频带进行控制。

[0087] 此外,本申请实施例提供的该可调多频天线在安装到移动设备中时,只需一个接地点和一个馈点,其中,接地点为与寄生接地天线相连接的点,馈电为与第二单极天线相连接的点,因可以节省地弹片,相对与那些需要设置地弹片多频天线而言,不仅可以节省空间、成本,而且较少的连接点,可以降低后续故障发生的概率。

[0088] 在本申请其他实施例中,当上述采用第一单极天线和第二单极天线的设计方案仍然无法满足频带需要时,还可以在第二单极天线401以及寄生接地线501上增加一些枝节的方式,以使得该多频可调天线能够产生更多的频段,满足宽频带需要,如图8所示,图中403为设置在第二单极天线401上的枝节。

[0089] 实施例四:

[0090] 图9为本申请实施例提供的又一种可调多频天线的结构示意图。

[0091] 如图9所示,在实施例三的基础上,该可调多频天线还可以包括:匹配电路301,其中,

[0092] 匹配电路301的一端与所述射频端口201相连接,另一端与所述第二单极天线401相连接,使得所述匹配电路301串联连接在所述射频端口201与所述第二单极天线401之间。

[0093] 在本申请实施例中,匹配电路301可以为集总元件,例如:(请列举几个例子),匹配电路301的作用是将该可调多频天线的工作频段调整到最佳。

[0094] 图10为本申请实施例提供的可调多频天线的回波损耗实验数据图。

[0095] 从图10中可以看到,三种不同状态组合的低频段可以覆盖698-960MHz,并且,高频段则几乎不受影响,从而可以看到该可调多频天线可以满足移动设备对于宽频的需要。

[0096] 由以上技术方案可见,本申请实施例提供的该可调多频天线,包括:第一单极天线、可调器件和寄生接地线,其中,所述可调器件与所述射频端口相连接;所述第一单极天线的一端与所述可调器件相连接,另一端开路设置;所述寄生接地线的一端与所述移动设备的地线相连接,另一端开路设置。该可调多频天线通过设置可调器件的不同工作状态,可以调整第一单极天线的电长度,进而可以改变第一单极天线的频段。这样将可调器件的多个工作状态所对应工作频段相组合,即可使得该多频可调天线的频段能够覆盖一个宽频带,满足移动设备对频带的需要。并且,该多频可调天线在进行低频调整时,对高频几乎不产生影响,方便对频带进行控制。

[0097] 由于本申请实施例提供的该可调多频天线在安装到移动设备中时,只需一个接地点和一个馈点,因此可以节省接地弹片,相对与那些需要设置地弹片多频天线而言,不仅可以节省空间、成本,而且较少的连接点,可以降低后续故障发生的概率。

[0098] 另外,本申请实施例中,可调器件离天线馈电端(即馈点)很近,这使得该可调多频天线易于集成到PCB板上,降低了加工难度,提高了加工效率。

[0099] 以上对本申请所提供的一种可调多频天线进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

[0100] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0101] 需要说明的是,在本文中,诸如“大于”或“超过”或“高于”或“小于”或“低于”等之类的关系描述,均可以理解为“大于且不等于”或“小于且不等于”,也可以理解为“大于等于”或“小于等于”,而不一定要求或者暗示必须为限定的或固有的一种情况。

[0102] 另外,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0103] 需要说明的是,以上所述仅仅是本申请技术方案的一部分优选具体实施方式,使本领域技术人员能够充分理解或实现本申请,而不是全部的实施例,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,基于以上实施例,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请原理,不做出创造性劳动前提下,还可以做出多种显而易见的修改和润饰,通过这些修改和润饰所获得的所有其他实施例,都可以应用于本申请技术方案,这些都不影响本申请的实现,都应当属于本申请的保护范围。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

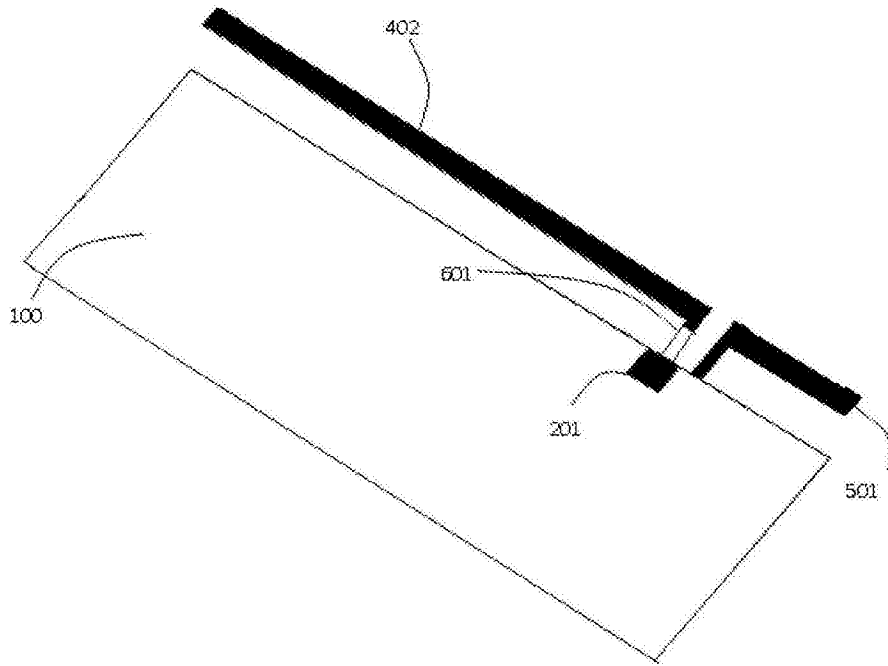


图1

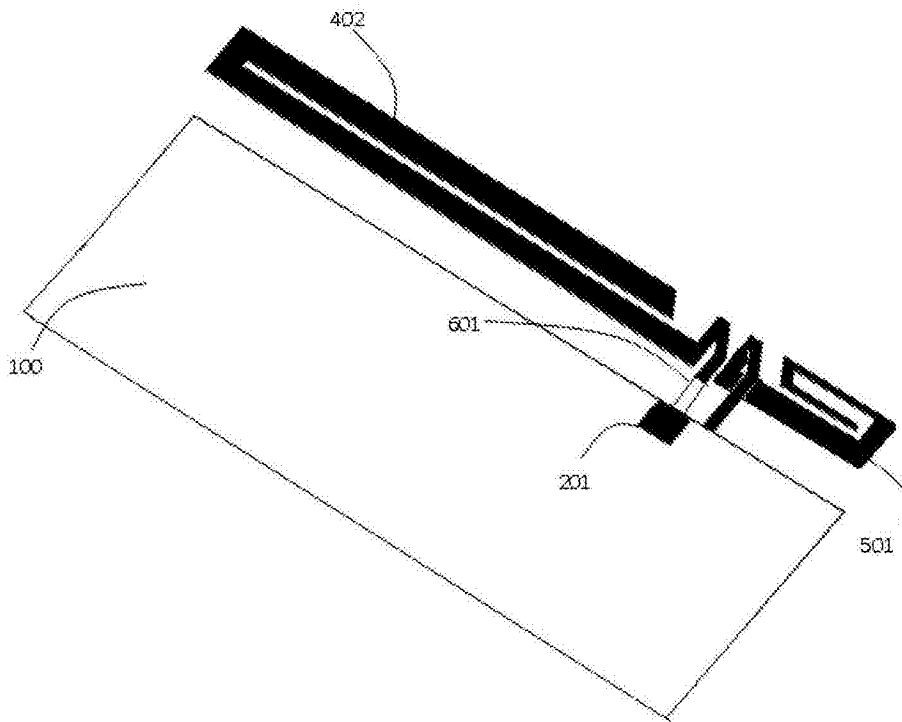


图2

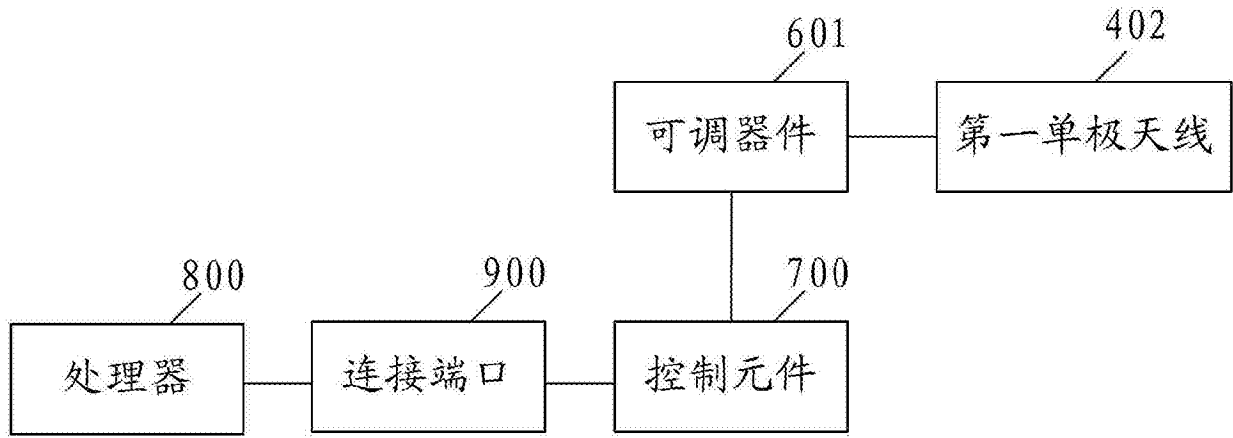


图3

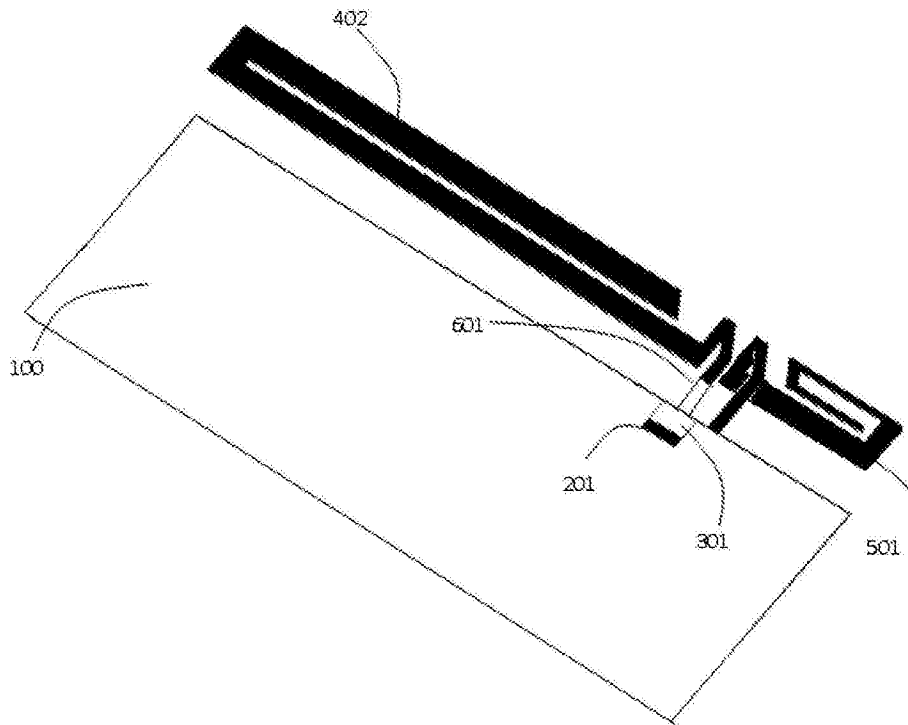


图4

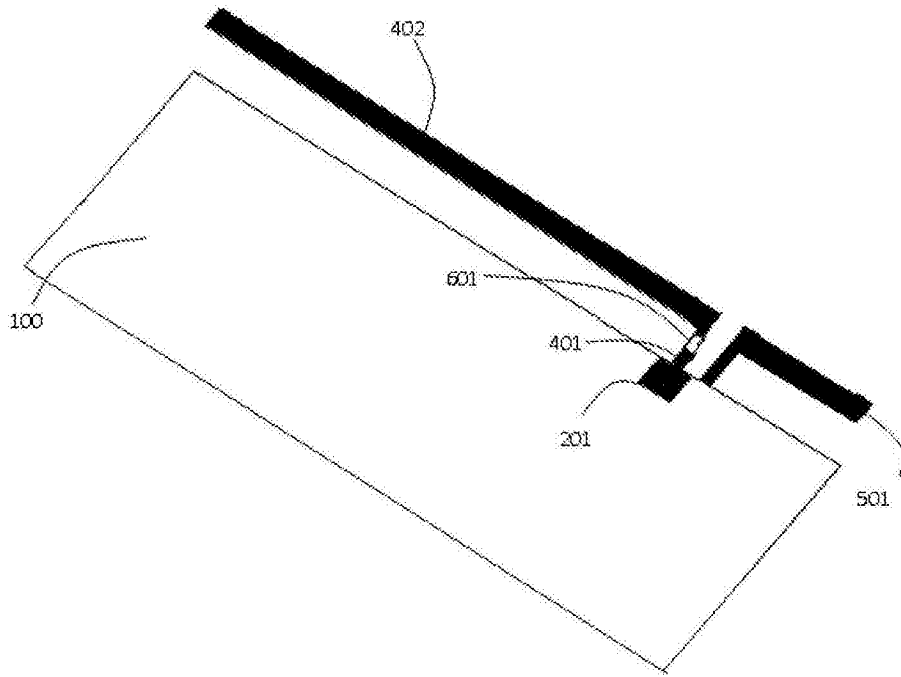


图5

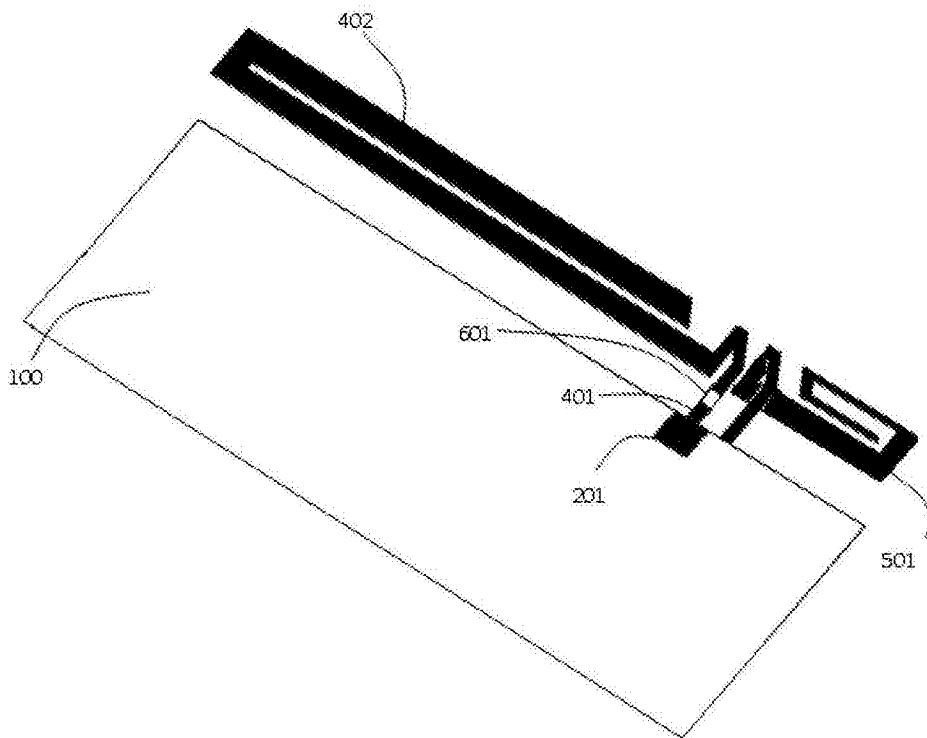


图6

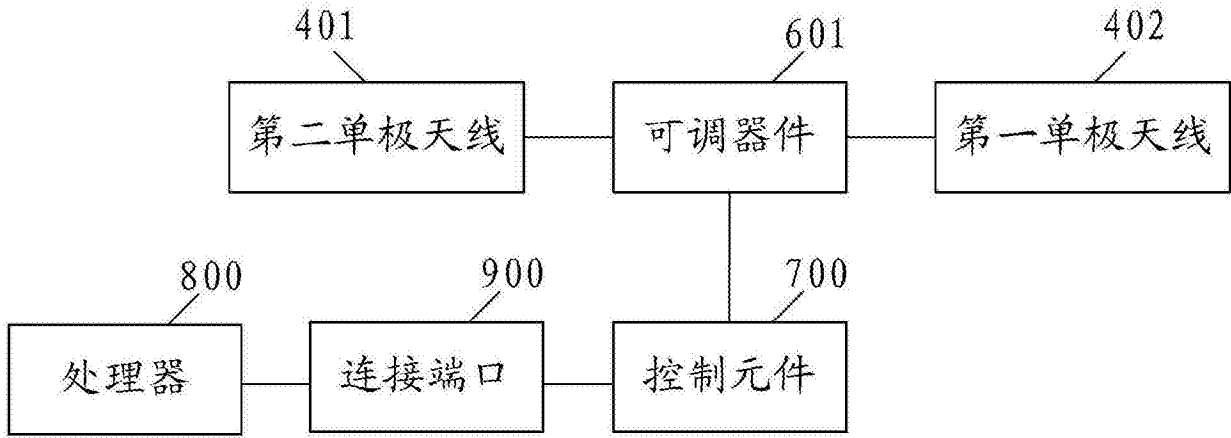


图7

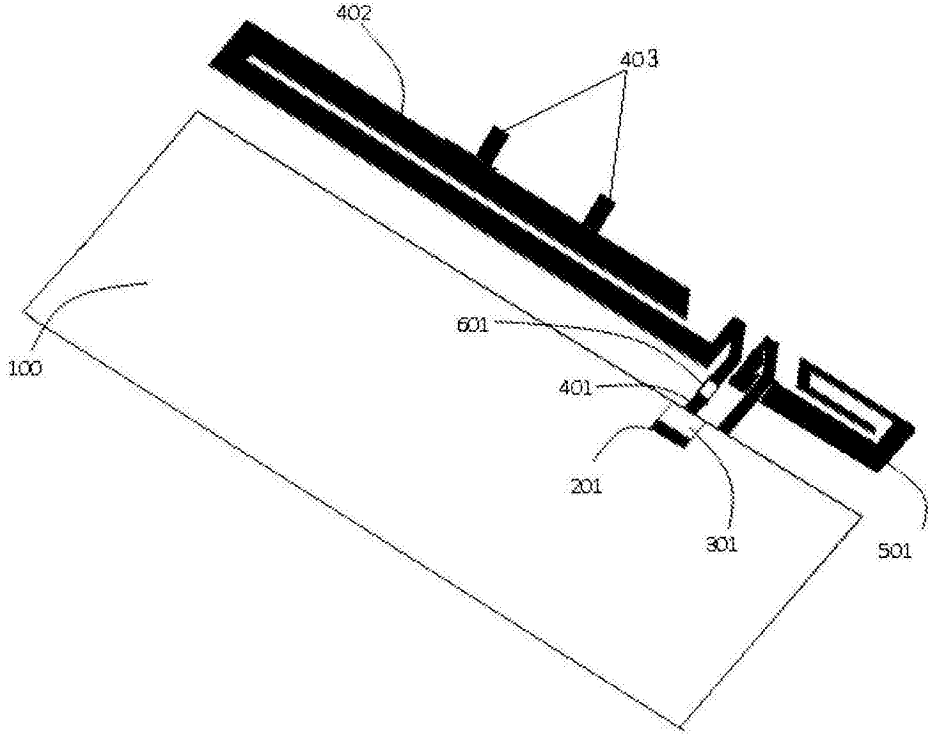


图8

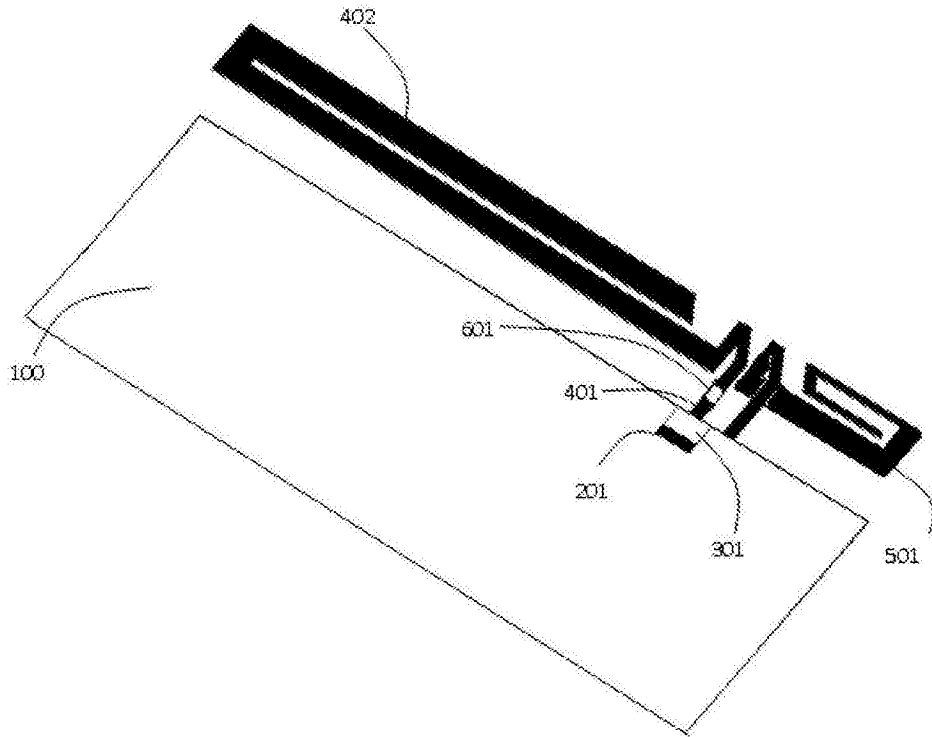


图9

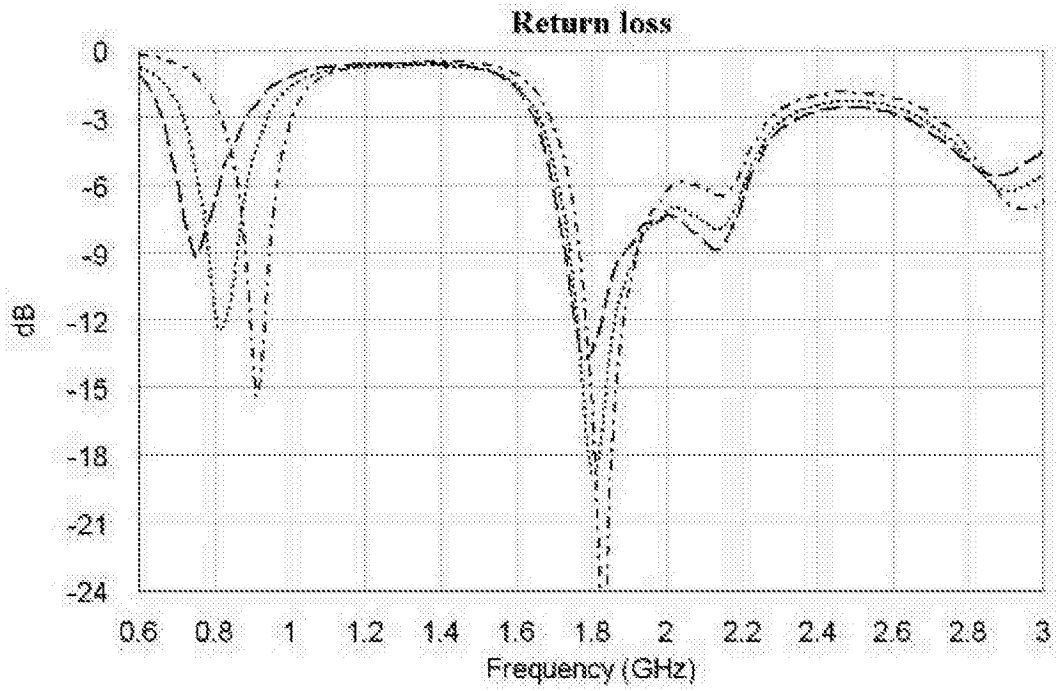


图10