

介质滤波天线、电子设备和天线阵列

5 本申请要求于2020年06月29日提交国家知识产权局、申请号为202010602533.2、发明名称为“介质滤波天线、电子设备和天线阵列”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

10 本申请涉及天线领域，更具体地，涉及一种介质滤波天线、电子设备和天线阵列。

背景技术

 随着现代无线通信技术的发展，通信系统越来越趋于小型化、集成化和多功能化。相对应地，通信设备对射频前端电路的要求也越来越高，天线和滤波器是射频前端电路的两个关键部件。现有的方案中，天线和滤波器是独立设计的，二者需要通过传输线或匹配电路级联在一起进行阻抗匹配，进而协调工作。额外的传输线或匹配电路势必会增大整个天线系统的尺寸，降低整个天线系统的性能，并且产生额外的传输损耗。

发明内容

20 本申请提供一种介质滤波天线、电子设备和天线阵列，可以避免使用传输线或匹配电路，无插入损耗、尺寸小并且回波性能好。

 第一方面，提供了一种介质滤波天线，包括介质天线和至少一层介质谐振腔，介质天线位于顶层，至少一层介质谐振腔位于介质天线下方，介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔之间进行能量耦合，其中介质天线和介质谐振腔的材料为高介电常数陶瓷介质。

25 第一方面的介质滤波天线包括位于顶层的介质天线和位于介质天线下方的至少一层介质谐振腔，介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔之间进行能量耦合，避免使用传输线或匹配电路，无插入损耗、尺寸小并且回波性能好。

 第一方面的介质滤波天线的介质天线既作为天线，又作为介质滤波器的最后一级谐振腔，与至少一层介质谐振腔一同构成介质滤波器。换言之，介质滤波天线既是天线又是滤波器。第一方面的介质滤波天线在实现滤波器功能的同时，能够实现天线辐射功能。

30 第一方面的介质滤波天线将滤波结构、公分结构和辐射结构进行协同设计，可以避免传统方案中由于级联效应导致的滤波器的输入端口回波恶化的情况。

 第一方面的介质滤波天线可以是叠层式设计的。通过叠层式设计，可以避免滤波器与天线之间的传输线或匹配电路，即可以减短馈电网络的路径，从而减小整体插入损耗。

35 第一方面的介质滤波天线中的介质天线的尺寸大幅度减小。介质天线和至少一层介质谐振腔之间不需要使用传输线或匹配电路进行连接，避免由于使用传输线或匹配电路引入的插入损耗。将滤波器和天线进行集成融合设计，整体结构紧凑，能够有效地减少天线系统中的结构，大大减小天线系统的尺寸，更符合天线系统小型化、集成化、高性能的发展

需求。

第一方面的介质滤波天线中滤波器和天线均由高介电常数陶瓷介质加工而成，能够有效减小结构尺寸。

5 在第一方面的一种可能的实现方式中，至少一层介质谐振腔中的每个介质谐振腔的全部表面具有金属镀层。本可能的实现方式中，在介质谐振腔的全部表面镀金属层，可以防止谐振腔的能量泄出，提升介质谐振腔的性能。

在第一方面的一种可能的实现方式中，介质天线的部分表面具有金属镀层。本可能的实现方式中，在介质天线的部分表面镀金属层，可以调节介质天线的频率。

以上可能的实现方式中，金属镀层材料可以是银、金或锡等等，本申请对此不做限定。

10 在第一方面的一种可能的实现方式中，介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔之间通过设置在介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔上的缝隙、探针或表面金属层进行能量耦合。本可能的实现方式中，根据介质天线和介质谐振腔的形状、大小和相对位置，可以使用缝隙、探针或表面金属层中的一种或两种的组合，完成介质天线和介质谐振腔的能量耦合，可以避免由于使用传输线或匹配电路引入的插入损耗。

15 在第一方面的一种可能的实现方式中，介质天线的底面向内设置有第一缝隙，与介质天线相邻的介质谐振腔的顶面向内设置有第二缝隙，第一缝隙与第二缝隙的位置对齐，介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔之间通过第一缝隙与第二缝隙进行能量耦合。

在第一方面的一种可能的实现方式中，介质天线的底面向内设置有第一探针，与介质天线相邻的介质谐振腔的顶面向内设置有第二探针，第一探针与第二探针的位置对齐，介
20 质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔之间通过第一探针与第二探针进行能量耦合。

在上一可能的实现方式中，第一探针与第二探针均为金属化通孔，第一探针与第二探针之间通过焊盘连接。

在第一方面的一种可能的实现方式中，介质天线侧面具有表面金属层，与介质天线相邻的介质谐振腔的顶面向内设置有探针，表面金属层和探针的位置对齐，介质天线和与介
25 质天线相邻的介质谐振腔之间通过表面金属层和探针进行能量耦合。

在上一可能的实现方式中，探针为金属化通孔，探针与表面金属层之间通过焊盘连接。

在第一方面的一种可能的实现方式中，介质天线为双极化天线。这样可以形成双极化的介质滤波天线。

30 第二方面，提供了一种电子设备，包括第一方面及第一方面的任一可能的实现方式的介质滤波天线。

第三方面，提供了一种天线阵列，包括第一方面及第一方面的任一可能的实现方式的介质滤波天线，多个介质滤波天线按照水平和/或垂直方向组成阵列。第三方面的天线阵列颗粒度小，布局自由度大。

35 在第三方面的一种可能的实现方式中，天线阵列应用于网络设备，例如基站中。

附图说明

图 1 是天线和滤波器用传输线进行连接的示意图。

图 2 是天线和滤波器的示意图。

图 3 是本申请的实施例提供的介质滤波天线的示意图。

图 4 是本申请的实施例提供的介质滤波天线的示意图。

图 5 是本申请的实施例提供的介质滤波天线的示意图。

图 6 是本申请的实施例提供的介质滤波天线的示意图。

图 7 是本申请实施例的双极化的介质滤波天线的示意图。

5 图 8 是本申请实施例的介质滤波天线与现有天线的回波性能的对比图。

具体实施方式

下面将结合附图，对本申请中的技术方案进行描述。

首先对现有的天线和滤波器进行简单的说明。

10 现有的方案中，天线和滤波器按照约定的端口特性阻抗，作为两个部件进行独立设计和加工。图 1 是天线和滤波器用传输线（可以在模块中）进行连接的示意图。如图 1 所示，滤波器 110 具有输入端口 112 和输出端口 114，天线 120 具有输入端口 122，传输线 130 的一端连接滤波器 110 的输出端口 114，另一端连接天线 120 的输入端口 122。其中，传输线可以替换为匹配电路（又称馈电电路）。天线和滤波器按照约定的端口特性阻抗，例如为 50 欧姆，进行独立设计和加工。滤波器和天线两个器件的端口特性阻抗在工作带宽范围内都不可能完全等于约定的端口特性阻抗（50 欧姆）。将两者用传输线或匹配电路进行级联后，滤波器的输入端口 112 处的回波性能会严重恶化。此外，滤波器和天线之间需要使用传输线或匹配电路进行连接，这会引起插入损耗，进而增加天线系统的损耗。

20 图 2 是天线和滤波器的示意图。如图 2 所示，现有的方案中射频前端电路的无源器件由滤波器 210、传输线（或匹配电路）和天线 220（图 2 中天线 220 中内含传输线或匹配电路）三个部分组成，部件多不利于小型化。另外，现有的方案中滤波器和天线的工作带宽都需要大于天线系统的工作带宽。由于天线的带宽与天线的尺寸成正比，天线难以小型化。

基于上述问题，本申请提供了一种介质滤波天线、电子设备和天线阵列。

25 图 3 是本申请的实施例提供的介质滤波天线 300 的示意图。其中图 3 中 A 是示意图，B 是透视图。如图 3 所示，介质滤波天线 300 包括介质天线 310 和至少一层介质谐振腔 320，介质天线 310 位于顶层，至少一层介质谐振腔 320 位于介质天线 310 下方，介质天线 310 和与介质天线相邻的介质谐振腔 322 之间进行能量耦合，其中介质天线 310 和介质谐振腔 320 的材料为高介电常数陶瓷介质。

30 本申请实施例提供的介质滤波天线包括位于顶层的介质天线和位于介质天线下方的至少一层介质谐振腔，介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔之间进行能量耦合，避免使用传输线或匹配电路，无插入损耗、尺寸小并且回波性能好。

35 本申请实施例中，介质天线既作为天线；又作为介质滤波器的最后一级谐振腔，与至少一层介质谐振腔一同构成介质滤波器。换言之，本申请实施例的介质滤波天线既是天线又是滤波器。滤波器由多个谐振腔（谐振器）组成，在本申请实施例中最后一级谐振腔由介质天线实现，其余谐振腔由介质谐振腔实现。本申请实施例的介质滤波天线由大于或等于 2 层介质块（介质天线或介质谐振腔）组成，顶层为介质天线，其余层为介质谐振腔。本申请实施例提供的介质滤波天线在实现滤波器功能的同时，能够实现天线辐射功能。

本申请实施例将滤波结构（滤波器）、公分结构（传输线或匹配电路）和辐射结构（天

线)进行协同设计,可以避免传统方案中由于级联效应导致的滤波器的输入端口回波恶化的情况。本申请实施例的介质滤波天线的S参数(例如 $|S_{11}|$)有明显改善,天线系统的辐射功率收益也有明显增加。

5 本申请实施例的介质滤波天线可以是叠层式设计的。通过叠层式设计,可以避免滤波器与天线之间的传输线或匹配电路,即可以减短馈电网络的路径,从而减小整体插入损耗。

本申请实施例的介质天线的工作带宽可以远低于天线系统的工作带宽,而传统中天线的带宽必需要大于天线系统的工作带宽。因此,本申请实施例的介质天线的尺寸大幅度减小。介质天线和至少一层介质谐振腔之间不需要使用传输线或匹配电路进行连接,避免由于使用传输线或匹配电路引入的插入损耗。将滤波器和天线进行集成融合设计,整体结构
10 紧凑,能够有效地减少天线系统中的结构,大大减小天线系统的尺寸,更符合天线系统小型化、集成化、高性能的发展需求。

应理解,本申请中,高介电常数是指可应用于介质天线或介质滤波器中的较高的介电常数,例如介电常数可以高于6或高于8等,但本申请不排除介电常数小于或等于6或小于或等于8的情况,只要可以满足滤波以及天线辐射需求即可。

15 还应理解,本申请中,高介电常数陶瓷介质可以包括但不限于主要成分为钛酸钡(BaTiO_3)的陶瓷材料、碳酸钡(BaCO_3)的陶瓷材料、 $\text{BaO-Ln}_2\text{O}_3\text{-TiO}_3$ 系列陶瓷材料、复合钙钛矿系列陶瓷材料或铅基钙钛矿系列陶瓷材料等陶瓷材料,或者其他类似的陶瓷材料,本申请对此不做限定。本申请中滤波器和天线均由高介电常数陶瓷介质加工而成,能够有效减小结构尺寸。

20 在本申请的一些实施例中,介质滤波天线中的介质天线可以是方柱形或圆柱形的,介质谐振腔也可以是方柱形或圆柱形的。介质天线的大小可以大于或等于介质谐振腔的大小,也可以小于介质谐振腔的大小,本申请对此不做限定。

在本申请的一些实施例中,至少一层介质谐振腔中的每个介质谐振腔的全部表面可以具有金属镀层。在介质谐振腔的全部表面镀金属层,可以防止谐振腔的能量泄出,提升介
25 质谐振腔的性能。

在本申请的一些实施例中,介质天线的部分表面可以具有金属镀层。在介质天线的部分表面镀金属层,可以调节介质天线的频率。部分表面可以是介质天线的顶面的整体或部分,也可以是介质天线的全部或部分侧面的整体或部分。例如,图3所示的介质滤波天线300的介质天线310的顶面的部分表面具有金属镀层312。介质天线的表面也可以不设置
30 金属镀层,本申请对此不做限定。

在本申请的一些实施例中,各层介质块可以通过表面的金属镀层烧结在一起。介质谐振腔的全部表面可以具有金属镀层,介质天线的底面可以具有金属镀层,以方便烧结。

本申请各实施例的金属镀层材料可以是银、金或锡等等,本申请对此不做限定。

35 在本申请的一些实施例中,介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔之间通过设置在介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔上的缝隙、探针或表面金属层进行能量耦合。其中根据介质天线和介质谐振腔的形状、大小和相对位置,可以使用缝隙、探针或表面金属层中的一种或两种的组合,完成介质天线和介质谐振腔的能量耦合。

在一些具体的实施例中,介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔可以通过缝隙进行能量耦合。图4是本申请的实施例提供的介质滤波天线400的示意图。如图4所示,介质

天线 410 的底面向内设置有第一缝隙 414，与介质天线相邻的介质谐振腔 420 的顶面向内设置有第二缝隙 424，第一缝隙 414 与第二缝隙 424 的位置对齐，介质天线 410 和与介质天线相邻的介质谐振腔 420 之间通过第一缝隙 414 与第二缝隙 424 进行能量耦合。

图 4 所示的结构，在介质天线（最后一级介质谐振腔）和与介质天线相邻的介质谐振腔（倒数第二级介质谐振腔）的烧结面（介质天线的底面和与介质天线相邻的介质谐振腔的顶面），设置未金属化的缝隙实现能量耦合。缝隙可以是如图 4 所示的长条形缝隙。第一缝隙 414 可以不贯穿介质天线。第二缝隙 424 可以不贯穿与介质天线相邻的介质谐振腔。缝隙的具体形式可以是方孔或圆孔，也可以是其他形状，本申请对此不做限定。

在一些具体的实施例中，介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔可以通过探针进行能量耦合。图 5 是本申请的实施例提供的介质滤波天线 500 的示意图。如图 5 所示，介质天线 510 的底面向内设置有第一探针 514，与介质天线相邻的介质谐振腔 520 的顶面向内设置有第二探针 524，第一探针 514 与第二探针 524 的位置对齐，介质天线 510 和与介质天线 510 相邻的介质谐振腔 520 之间通过第一探针 514 与第二探针 524 进行能量耦合。

图 5 所示的结构，在介质天线（最后一级介质谐振腔）和与介质天线相邻的介质谐振腔（倒数第二级介质谐振腔）的烧结面（介质天线的底面和与介质天线相邻的介质谐振腔的顶面），设置探针实现能量耦合。具体地，第一探针 514 与第二探针 524 可以均为金属化通孔，第一探针 514 与第二探针 524 之间通过焊盘连接。探针可以是如图 5 所示的长条形。第一探针 514 可以不贯穿介质天线。第二探针 524 可以不贯穿与介质天线 510 相邻的介质谐振腔。

在一些具体的实施例中，介质天线和与介质天线相邻的介质谐振腔可以通过探针+表面金属层的形式进行能量耦合。图 6 是本申请的实施例提供的介质滤波天线 600 的示意图。如图 6 所示，介质天线 610 侧面具有表面金属层 614，与介质天线 610 相邻的介质谐振腔 620 的顶面向内设置有探针 624，表面金属层 614 和探针 624 的位置对齐，介质天线 610 和与介质天线 610 相邻的介质谐振腔 620 之间通过表面金属层 614 和探针 624 进行能量耦合。

图 6 所示的结构，在介质天线（最后一级介质谐振腔）和与介质天线相邻的介质谐振腔（倒数第二级介质谐振腔）的烧结面（介质天线的底面和与介质天线相邻的介质谐振腔的顶面）向内，设置表面金属层和探针实现能量耦合。具体地，探针 624 可以为金属化通孔，表面金属层 614 可以是长条形的一小块金属镀层。探针可以是如图 6 所示的长条形。探针 624 可以不贯穿介质天线。探针 624 与表面金属层 614 之间可以通过焊盘连接。

在本申请的一些实施例中，介质天线可以为双极化天线。这样可以形成双极化的介质滤波天线。图 7 是本申请实施例的双极化的介质滤波天线 700 的示意图。其中图 7 中的 A 为双极化的介质滤波天线 700 的立体图；图 7 中的 B 为双极化的介质滤波天线 700 的俯视图；图 7 中的 C 为双极化的介质滤波天线 700 的侧视图。如图 7 所示，双极化的介质滤波天线具有两个馈电口（连接器），每个馈电口对应一个通道，对应一路信号。两路信号的极化方向可以是正交的，例如为+45 度和-45 度。每一路信号经过一个 8 腔的介质谐振腔滤波，加上介质天线的一个腔，共 9 个腔，即 9 阶。即图 7 示出的双极化的介质滤波天线为双极化 9 阶介质滤波天线，双极化 9 阶介质滤波天线在基站的天线系统中很常见。本申请实施例还提供其他阶数的介质滤波天线。例如，如果再增加一层 8 腔的介质谐振腔，可

以形成双极化 17 阶介质滤波天线。

本申请各实施例提供的介质滤波天线的回波性能大幅提高。图 8 是本申请实施例的介质滤波天线与现有天线的回波性能的对比图。图 8 示出了天线尺寸相同条件下，本申请实施例的介质滤波天线与现有天线的 S 参数。从图 8 中可以看出以 S 参数 -20 dB 为例，本申请实施例的介质滤波天线的工作带宽约从 3.50 GHz 至 3.63 GHz；现有天线的工作带宽仅为约从 3.54 GHz 至 3.57 GHz。本申请实施例的介质滤波天线的工作带宽增宽很明显，这样一方面回波性能大幅提高，另一方面工作带宽大大改善有利于实现天线系统小型化。

本申请各实施例提供的介质滤波天线，整结构仅由多层介质块拼接而成，并且只需要对介质块进行打孔、镀金属和烧结等简单操作。介质滤波天线加工难易度低、成本低，性能一致性好。

本申请还提供了一种电子设备，其包括前文描述的本申请实施例的介质滤波天线。

本申请还提供了一种天线阵列，包括多个前文描述的本申请实施例的介质滤波天线。天线阵列中，多个介质滤波天线按照水平和/或垂直方向组成阵列。

本申请实施例的天线阵列颗粒度小，布局自由度大。本申请实施例的双极化的介质滤波天线单元可以对应 $\pm 45^\circ$ 极化的 2 个通道。可以利用多个双极化的介质滤波天线进行任意水平、垂直向组阵形成天线阵列。

本申请实施例的天线阵列可以应用于网络设备中，例如应用于基站中。

应理解，本文中涉及的各种数字编号仅为描述方便进行的区分，并不用来限制本申请的范围。

以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述，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. 一种介质滤波天线，其特征在于，包括介质天线和至少一层介质谐振腔，所述介质天线位于顶层，所述至少一层介质谐振腔位于所述介质天线下方，所述介质天线和与所述介质天线相邻的介质谐振腔之间进行能量耦合，其中所述介质天线和所述介质谐振腔的材料为高介电常数陶瓷介质。
2. 根据权利要求 1 所述的介质滤波天线，其特征在于，所述介质天线和与所述介质天线相邻的介质谐振腔之间通过设置在所述介质天线和与所述介质天线相邻的介质谐振腔上的缝隙、探针或表面金属层进行能量耦合。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的介质滤波天线，其特征在于，所述介质天线的底面向内设置有第一缝隙，与所述介质天线相邻的介质谐振腔的顶面向内设置有第二缝隙，所述第一缝隙与所述第二缝隙的位置对齐，所述介质天线和与所述介质天线相邻的介质谐振腔之间通过所述第一缝隙与所述第二缝隙进行能量耦合。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的介质滤波天线，其特征在于，所述介质天线的底面向内设置有第一探针，与所述介质天线相邻的介质谐振腔的顶面向内设置有第二探针，所述第一探针与所述第二探针的位置对齐，所述介质天线和与所述介质天线相邻的介质谐振腔之间通过所述第一探针与所述第二探针进行能量耦合。
5. 根据权利要求 4 所述的介质滤波天线，其特征在于，所述第一探针与所述第二探针均为金属化通孔，所述第一探针与所述第二探针之间通过焊盘连接。
6. 根据权利要求 1 或 2 所述的介质滤波天线，其特征在于，所述介质天线侧面具有表面金属层，与所述介质天线相邻的介质谐振腔的顶面向内设置有探针，所述表面金属层和所述探针的位置对齐，所述介质天线和与所述介质天线相邻的介质谐振腔之间通过所述表面金属层和所述探针进行能量耦合。
7. 根据权利要求 6 所述的介质滤波天线，其特征在于，所述探针为金属化通孔，所述探针与所述表面金属层之间通过焊盘连接。
8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的介质滤波天线，其特征在于，所述介质天线为双极化天线。
9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的介质滤波天线，其特征在于，所述介质天线的部分表面具有金属镀层。
10. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的介质滤波天线，其特征在于，所述至少一层介质谐振腔中的每个介质谐振腔的全部表面具有金属镀层。
11. 一种电子设备，其特征在于，包括如权利要求 1 至 10 中任一项所述的介质滤波天线。
12. 一种天线阵列，其特征在于，包括多个如权利要求 1 至 10 中任一项所述的介质滤波天线，所述多个介质滤波天线按照水平和/或垂直方向组成阵列。
13. 根据权利要求 12 所述的天线阵列，其特征在于，所述天线阵列应用于网络设备中。