



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107534199 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 201680022375.5

(72) 发明人 金载源 贾斯汀·M·约翰逊

(22) 申请日 2016.04.18

克雷格·W·林塞
迪潘克尔·高希

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107534199 A

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

(43) 申请公布日 2018.01.02

专利代理人 张成新

(30) 优先权数据

62/150,379 2015.04.21 US

(51) Int.CI.

H01P 3/16 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H01P 3/14 (2006.01)

2017.10.17

H01P 3/12 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

H01P 7/10 (2006.01)

PCT/US2016/028038 2016.04.18

H01Q 1/27 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

H01Q 1/32 (2006.01)

W02016/172020 EN 2016.10.27

审查员 敖杰峰

(73) 专利权人 3M创新有限公司

权利要求书2页 说明书14页 附图12页

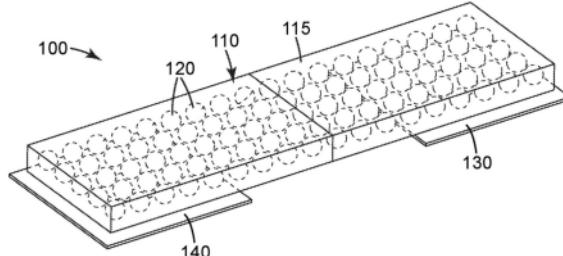
地址 美国明尼苏达州

(54) 发明名称

具有高电介质谐振器的波导

(57) 摘要

本公开的至少一些方面的特征在于用于传播电磁波的波导。该波导包括基材和以一定样式设置的多个谐振器，该多个谐振器具有谐振频率。该多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数大于基材的相对介电常数。该多个谐振器中的至少两个谐振器根据晶格常数间隔开，该晶格常数限定谐振器中的第一谐振器的中心与谐振器中的相邻的第二谐振器的中心之间的距离。



1. 一种装置, 包括:

两个收发器; 和

介电波导, 所述介电波导用于传播电磁波并且电磁耦接到所述两个收发器, 所述介电波导包括基材和以一定样式设置的多个谐振器, 所述多个谐振器具有谐振频率,

其中所述多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数大于所述基材的相对介电常数, 并且所述多个谐振器以非零距离间隔开,

其中所述多个谐振器中的至少两个谐振器根据晶格常数间隔开, 所述晶格常数限定谐振器中的第一个谐振器的中心和相邻第二个谐振器的中心之间的距离,

其中所述多个谐振器是间隔开的多个陶瓷, 所述陶瓷具有频率在10GHz至300GHz范围内的非线性谐振特性, 并且所述介电波导为柔性的。

2. 根据权利要求1所述的装置, 还包括:

基板, 其中, 所述介电波导被设置在所述基板上或与所述基板成一体。

3. 根据权利要求1所述的装置, 其中, 所述多个谐振器被设置在所述基材中或所述基材上。

4. 根据权利要求1所述的装置, 其中, 所述基材被涂覆在所述多个谐振器中的至少一些谐振器上。

5. 根据权利要求1所述的装置, 还包括:

第一传感器, 所述第一传感器电耦接到所述两个收发器中的第一收发器并且被配置为生成第一感测信号。

6. 根据权利要求1所述的装置, 其中, 所述晶格常数小于所述电磁波的波长。

7. 根据权利要求1所述的装置, 其中, 所述多个谐振器的所述谐振频率至少部分地基于所述电磁波的频率来选择。

8. 根据权利要求1所述的装置, 其中, 所述多个谐振器中的每个谐振器具有为所述基材的相对介电常数的至少五倍的相对介电常数。

9. 一种可穿戴装置, 包括:

根据权利要求1所述的装置。

10. 一种无线通信系统, 包括:

第一收发器和第二收发器; 和

设置在基材中的谐振器的规则阵列, 所述谐振器的规则阵列形成在所述第一收发器和所述第二收发器之间延伸并耦接到所述第一收发器和所述第二收发器的介电波导, 并且所述多个谐振器以非零距离间隔开,

其中所述多个谐振器是间隔开的多个陶瓷, 所述陶瓷具有频率在10GHz至300GHz范围内的非线性谐振特性, 并且所述介电波导为柔性的。

11. 一种用于传播电磁波的介电波导, 包括:

具有谐振频率的多个谐振器,

其中所述多个谐振器中的每个谐振器涂覆有介电基材,

其中所述多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数大于所述介电基材的相对介电常数, 并且所述多个谐振器以非零距离间隔开,

其中所述多个谐振器是间隔开的多个陶瓷, 所述陶瓷具有频率在10GHz至300GHz范围

内的非线性谐振特性，并且所述介电波导为柔性的。

12. 根据权利要求11所述的介电波导，其中，所述多个谐振器中的每个谐振器具有为所述介电基材的相对介电常数的至少五倍的相对介电常数。

13. 一种用于传播电磁波的波导，包括：

介电基材，

第一组介电谐振器，所述第一组介电谐振器中的每个介电谐振器通常具有第一尺寸，和

第二组介电谐振器，所述第二组介电谐振器中的每个介电谐振器通常具有大于所述第一尺寸的第二尺寸，

其中所述第一组介电谐振器和所述第二组介电谐振器中的每个介电谐振器具有的相对介电常数大于所述介电基材的相对介电常数，并且所述多个谐振器以非零距离间隔开，

其中所述多个谐振器是间隔开的多个陶瓷，所述陶瓷具有频率在10GHz至300GHz范围内的非线性谐振特性，并且所述波导为柔性的。

具有高电介质谐振器的波导

技术领域

[0001] 本公开涉及耦合装置、以及使用多个高介电谐振器的波导。

发明内容

[0002] 本公开的至少一些方面特征在于装置,该装置包括:两个收发器和用于传播电磁波并且电磁耦接到该两个收发器的波导。该波导包括基材和以一定样式设置的多个谐振器,该多个谐振器具有谐振频率。该多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数大于基材的相对介电常数。该多个谐振器中的至少两个谐振器根据晶格常数间隔开,该晶格常数限定谐振器中的第一谐振器的中心与谐振器中的相邻的第二谐振器的中心之间的距离。

[0003] 本公开的至少一些方面的特征在于无线通信系统,该无线通信系统包括:第一收发器和第二收发器;以及谐振器的规则阵列,该谐振器的规则阵列形成在第一收发器和第二收发器之间延伸并且耦接到第一收发器和第二收发器的波导。

[0004] 本公开的至少一些方面的特征在于用于传播电磁波的波导,该波导包括:具有谐振频率的多个谐振器,其中多个谐振器中的每个谐振器涂覆有基材,其中多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数大于基材的相对介电常数。

[0005] 本公开的至少一些方面的特征在于用于传播电磁波的波导,该波导包括:基材、第一组电介质谐振器、以及第二组电介质谐振器。该第一组电介质谐振器中的每个谐振器通常具有第一尺寸。该第二组电介质谐振器中的每个谐振器通常具有大于第一尺寸的第二尺寸。第一组电介质谐振器和第二组电介质谐振器中的每一者具有的相对介电常数大于基材的相对介电常数。

附图说明

[0006] 附图包含在本说明书中并构成本说明书的一部分,并且它们结合具体实施方式阐明本发明的优点和原理。在附图中,

[0007] 图1为示出了包括具有高介电谐振器的波导的示例性系统或装置的框图;

[0008] 图2A示出了使用具有HDR的波导的通信系统的一个示例的概念图;图2B为在图2A中所示的通信系统的EM振幅曲线图;图2C示出了在图 2A中所示的具有和不具有HDR的通信系统的比较曲线图;

[0009] 图2D示出了使用具有HDR的波导的通信系统的一个示例的概念图;图2E为在图2D中所示的通信系统的EM振幅曲线图;图2F示出了在图 2D中所示的具有和不具有HDR的通信系统的比较曲线图;

[0010] 图3A-3G示出了HDR的一些示例性布置;

[0011] 图4A-4C为示出了可用于HDR的结构的各种形状的框图;

[0012] 图4D为示出了涂覆有基材的球形HDR的示例的框图;

[0013] 图5A示出了使用具有HDR的波导的身体区域网络(“BAN”)的示例;

[0014] 图5B示出了用于通信系统中的波导的示例;

- [0015] 图5C示出了要用于封闭件的通信系统的示例；
[0016] 图6为示出了要与阻挡结构一起使用的通信装置600的一个实施方案的框图；并且
[0017] 图7A-7D示出了耦合装置的一些示例。
[0018] 在这些附图中，类似的附图标号指示类似的元件。虽然可能未按比例绘制的以上附图示出了本公开的各种实施方案，但还可设想其他实施方案，如在具体实施方式中所指出的。在所有情况下，本公开通过示例性实施方案的表示而非通过表述限制来描述当前公开的发明。应当理解，本领域的技术人员可设想出落在本公开的范围和实质内的许多其他修改形式和实施方案。

具体实施方式

[0019] 除非另有说明，否则在说明书和权利要求书中所使用的表达特征尺寸、量和物理特性的所有数字在所有情况下均应被理解为由术语“约”修饰。因此，除非有相反的说明，否则在上述说明书和所附权利要求书中列出的数值参数均为近似值，这些近似值可根据本领域的技术人员利用本文所公开的教导内容来寻求获得的期望特性而变化。由端点表述的数值范围的使用包括该范围内的所有数字（例如，1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4和5）以及该范围内的任何范围。

[0020] 除非本文内容另外明确指定，否则如本说明书和所附权利要求书中所使用的，单数形式“一个”、“一种”和“该”涵盖具有多个指代物的实施方案。除非本文内容另外明确指定，否则如本说明书和所附权利要求书中所使用的，术语“或”通常以其包括“和/或”的意义使用。

[0021] 本公开的至少一些方面涉及一种具有带有低的相对介电常数的基材和多个高介电谐振器（HDR）的波导，其中HDR以允许HDR之间的能量传递的方式间隔开。HDR为被制作成在特定频率下谐振并可由例如陶瓷类材料构造而成的对象。当具有处于或接近HDR谐振频率的频率的电磁（EM）波穿过HDR时，波的能量被有效地传递。当HDR之间的能量传递与由于HDR的谐振引起的EM波能的有效和低损耗传递结合时，EM波的功率比可为最初接收的波的功率比的多于三倍。在一些情况下，HDR设置在基材中。在一些情况下，HDR涂覆有基材。在一些实施方案中，波导电磁耦接到第一收发器和第二收发器，使得信号可通过波导从第一收发器发射到第二收发器，或者反之亦然，并且然后从第一收发器和/或第二收发器无线地发射。在一些情况下，波导可设置在服装上或与服装集成在一起，使得服装可促进和/或传播人体上的信号收集。在一些情况下，第一收发器和/或第二收发器电耦接到一个或多个传感器并被构造发射或接收传感器信号。

[0022] 本公开的至少一些方面涉及一种要在阻挡结构上使用的通信装置或系统，该阻挡结构不允许在某波段内传播电磁波。在一些情况下，通信系统可包括设置为邻近阻挡结构的一侧的第一耦合装置、设置在阻挡结构上或与阻挡结构集成在一起的波导、以及设置为邻近阻挡结构的另一侧（例如，相反侧）的第二耦合装置。该波导电磁耦接到第一耦合装置和第二耦合装置。耦合装置是指可有效地捕获EM波并再辐射EM波的装置。例如，耦合装置可为电介质透镜、贴片天线阵列、八木天线、超材料耦合元件等。在一些实施方案中，第一耦合装置可捕获进入的EM波、经由波导将EM波传播到第二耦合装置，并且第二耦合装置可再辐射对应的EM波。

[0023] 图1为示出了根据本公开的一种或多种技术的包括具有高介电谐振器的波导的示例性系统或装置的框图。在该系统100中,波导110电磁耦接到收发器(130,140)。波导包括以一定模式遍布于波导110的基材115和多个HDR 120。波导110从两个收发器中的一个收发器接收信号,该信号通过HDR 120传播并传播进入波导110的相反端。该信号可为例如电磁波、声波等。在一些示例中,该信号为60GHz毫米波信号。该信号通过两个收发器中的一个离开波导110。在所示的示例中,波导与两个收发器耦接;然而,波导可与三个或更多个收发器耦接。在一些情况下,收发器中的一个或多个收发器仅为发射器。在一些情况下,收发器中的一个或多个收发器仅为接收器。

[0024] 波导110为引导波的结构。波导110通常将信号限定为在一个维度上行进。当在开放空间中时,波通常在多个方向上传播,例如球形波。当发生这种情况时,波以与所行进的距离的平方成比例地丢失其功率。在理想条件下,当波导接收波并将该波限定为仅在单个方向上行进时,波在传播时几乎没有丢失功率。

[0025] 在一些实施方案中,基材115可包括材料,例如诸如Teflon[®]、石英玻璃、堇青石、硼硅酸盐玻璃、全氟烷氧基、聚氨酯、聚乙烯、氟化乙烯丙烯等。在一些情况下,基材可包括例如铜、黄铜、银、铝、或具有低体电阻率的其他金属。在一个示例中,波导110具有2.5mm×1.25mm的尺寸,并由具有 $\epsilon_r=2.1$ 的相对介电常数并且损耗正切=0.0002的Teflon[®]制成,其中在波导110的内壁上具有1mm厚的铝镀层。

[0026] 波导110为由低的相对介电常数材料(诸如例如Teflon[®])制成的结构。在其他示例中,波导110的基板部分可由诸如以下各项的材料制成:石英玻璃、堇青石、硼硅酸盐玻璃、全氟烷氧基、聚乙烯、或氟化乙烯丙烯。在一些示例中,波导110具有梯形形状,其中楔形末端被定位成邻近波导110的一端。在一个示例中,波导110由长度为46cm、厚度为25.5mm的Teflon[®]基板形成,其中HDR球体具有40的相对介电常数,8.5mm的半径,25.5mm的晶格常数,其中收发器130和波导110之间的间距为5mm。

[0027] 在一些实施方案中,波导110包含布置在基材115内的多个HDR 120,使得相邻HDR之间的晶格距离小于被设计为进行传播的电磁波的波长。在一些实施方案中,波导110包含以阵列布置在基材115内的多个HDR 120。在一些示例中,该阵列为二维网格阵列。在一些情况下,该阵列为规则阵列。该规则阵列可为例如周期阵列,使得相邻HDR沿某维度具有大致相同距离。

[0028] 在一些示例中,HDR的谐振频率被选择成匹配电磁波的频率。在一些示例中,多个谐振器的谐振频率在毫米波段内。在一个示例中,多个谐振器的谐振频率为60GHz。然后这些HDR中的每个HDR可使波朝向在三个等距间隔HDR的单个垂直线中具有相同垂直布置的相应HDR折射。以大振幅振荡的驻波在波导110中形成。

[0029] HDR 120还可以特定间距布置在其他阵列中。例如,HDR 120以预定间距布置成行。在一些情况下,HDR可以三维阵列布置。例如,HDR可以圆柱形、堆叠矩阵、管形等布置。HDR 120可以使得一个HDR的谐振向任何周围HDR传递能量的方式间隔开。该间距与HDR 120的Mie谐振以及系统效率相关。可选择间距以通过考虑系统中的任何电磁波的波长来改善系统效率。每个HDR 120具有直径和晶格常数。在一些示例中,晶格常数和谐振频率至少部分地基于波导和HDR的相对介电常数来选择。晶格常数为一个HDR的中心到相邻HDR的中心的

距离。在一些示例中, HDR 120 可具有1mm的晶格常数。在一些示例中, 该晶格常数小于电磁波的波长。

[0030] HDR的直径与HDR的晶格常数的比率(直径D/晶格常数a)可用于表征波导110中HDR 120的几何布置。该比率可随基材和HDR的相对介电常数对比度而变化。在一些示例中, 谐振器的直径与晶格常数的比率小于一。在一个示例中, D可为0.7mm并且a可为1mm, 其中比率为0.7。该比率越高, 该波导的耦合效率就变得越低。在一个示例中, 在图1中所示的HDR 120的几何布置的晶格常数的最大极限将为所发出的波的波长。该晶格常数应小于波长, 但为了强效率, 该晶格常数应比波长小很多。这些参数的相对尺寸可随基材和HDR的相对介电常数对比度而变化。该晶格常数可被选择成在所发射的波的波长内实现期望的性能。在一个示例中, 该晶格常数可为1mm并且波长可为5mm, 即晶格常数为波长的五分之一。一般来讲, 波长(λ)为空气介质中的波长。如果另一种电介质材料用于介质, 则该式的波长应被 λ_{eff} 替代, 该式为:

$$[0031] \quad \lambda_{\text{eff}} = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

[0032] 其中 ϵ_r 为介质材料的相对介电常数。

[0033] HDR 120和波导110的基材115之间的高相对介电常数对比度引起以 HDR 120的定义明确的谐振模式的激发。换句话说, 与波导110的基材的相对介电常数相比, 形成HDR 120的材料具有高的相对介电常数。更高的对比度将提供更高的性能, 并且因此HDR 120的相对介电常数为确定HDR 120的谐振特性的重要参数。低对比度可导致HDR 120的弱谐振, 因为能量将泄漏到波导110的基材中。高对比度提供对完美边界条件的近似, 这意味着几乎没有能量泄漏到波导110的基材中。该近似可对于以下示例进行假设: 其中形成HDR 120的材料具有为波导110的基材115的相对介电常数的多于5-10倍的相对介电常数。在一些情况下, HDR 120中的每个 HDR的相对介电常数为基材115的相对介电常数的至少五倍。在一些示例中, 多个谐振器中的每个谐振器的相对介电常数比基材115的相对介电常数大至少两倍。在其他示例中, 多个谐振器中的每个谐振器具有比基材115 的相对介电常数大至少十倍的相对介电常数。对于给定的谐振频率, 相对介电常数越高, 介电谐振器越小, 并且能量在介电谐振器内更集中。在一些实施方案中, 多个谐振器中的每个谐振器具有大于20的相对介电常数。在一些情况下, 多个谐振器中的每个谐振器具有大于50的相对介电常数。在一些情况下, 多个谐振器中的每个谐振器具有大于100的相对介电常数。在一些情况下, 多个谐振器中的每个谐振器具有在200至20,000的范围的相对介电常数内。

[0034] 在一些实施方案中, HDR可被处理以增加相对介电常数。例如, HDR 中的至少一个HDR被热处理。作为另一个示例, HDR中的至少一个HDR 被烧结。在此类示例中, HDR中的至少一个HDR可在高于600°C的温度下烧结二小时至四小时的周期。在其他情况下, HDR中的至少一个HDR可在高于900°C的温度下烧结二小时至四小时的周期。在一些实施方案中, 基材包括Teflon®、石英玻璃、堇青石、硼硅酸盐玻璃、全氟烷氧基、聚氨酯、聚乙烯、氟化乙烯丙烯、它们的组合等。在一些情况下, 基材具有在1 至20的范围内的相对介电常数。在一些情况下, 基材具有在1至10的范围内的相对介电常数。在一些情况下, 基材具有在1至7的范围内的相对介电常数。在一些情况下, 基材具有在1至5的范围内的相对介电常数。

[0035] 在一些示例中, 多个谐振器由陶瓷材料制成。HDR 120可由多种陶瓷材料中的任一

种陶瓷材料制成,例如包括BaZnTa氧化物、BaZnCoNb氧化物、锆基陶瓷、钛基陶瓷、钛酸钡基材料、氧化钛基材料、Y5V组合物和X7R组合物等。HDR 120可由以下各项中的至少一者制成:一种掺杂的或无掺杂的钛酸钡($BaTiO_3$)、钛酸锶钡($BaSrTiO_3$)、Y5V组合物和X7R组合物、 TiO_2 (二氧化钛)、钛酸铜钙($CaCu_3Ti_4O_{12}$)、锆钛酸铅($PbZr_xTi_{1-x}O_3$)、钛酸铅($PbTiO_3$)、钛酸镁铅($PbMgTiO_3$)、铌酸镁铅-钛酸铅($Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$.- $PbTiO_3$)、钽酸钛铁($FeTiTaO_6$)、共掺杂有Li和Ti的NiO ($La_{1.5}Sr_{0.5}NiO_4$ 、 $Nd_{1.5}Sr_{0.5}NiO_4$)、以及它们的组合。在一个示例中, HDR 120可具有40的相对介电常数。在一些实施方案中,该波导为柔性的。例如,该波导具有硅氧烷复合物的基材和由 $BaTiO_3$ 制成的HDR。

[0036] 虽然出于示例目的在图1中示出为球形,但在其他示例中,HDR 120 可以各种不同的形状形成。在其他示例中,HDR 120中的每个HDR可具有圆柱形形状。在另外的其他示例中,HDR 120中的每个HDR可具有立方体或其他平行六面体形状。在一些示例中,HDR中的每个HDR可具有矩形形状或椭圆形形状。HDR 120可采取其他几何形状。HDR 120的功能可根据形状而变化,如下文参照图4A-4C进一步详细所述的。

[0037] 收发器130和/或140可为发出电磁波信号的装置。收发器130和/或 140也可为从波导110接收波的装置。波可为射频频谱中的任何电磁波,例如包括60GHz毫米波。在一些实施方案中,多个谐振器的谐振频率在毫米波范围内。在一些情况下,多个谐振器的谐振频率近似为60GHz。在一些情况下,多个谐振器的谐振频率在红外频率范围内。只要HDR直径和晶格常数沿循上述约束,系统100的波导110便可用于例如射频频谱段中的任何波。在一些示例中,波导110可用于电磁频谱的毫米波段。在一些示例中,波导110可与频率在例如10GHz至120GHz范围内的信号一起使用。在其他示例中,波导110可与频率在例如10GHz至300GHz范围内的信号一起使用。

[0038] 具有HDR 120的波导110可用于多种系统中,包括例如身体区域网络、身体传感器网络、60GHz通信、地下通信等。在一些示例中,波导诸如图1的波导110可形成为包括基板和多个高介电谐振器,其中在形成期间控制HDR在基板内的布置,使得HDR以所选择的距离彼此间隔开。HDR之间的距离(即晶格常数)可基于要与波导一起使用的电磁波信号的波长来选择。例如,晶格常数可比波长小很多。在一些示例中,在波导110 的形成期间,波导110的基板材料可被分成多个部分。在存在对HDR平面的位置的确定的位置处,基板材料可为分段的。半球形沟槽可在每个HDR 的位置处被包括在基板材料的多个部分中。在具有形状不同的HDR的其他示例中,半圆柱形或半矩形沟槽可被包括在基板材料中。然后可将HDR放置在基板材料的沟槽中。然后可将基板材料的多个部分结合,以形成其中 HDR嵌入在内的单个波导结构。虽然图1示出了具有耦接到波导的两个收发器的通信装置/系统,但是普通技术人员可容易地设计具有耦接到一个或多个波导的多个收发器的通信装置/系统。

[0039] 图2A示出了使用具有HDR的波导的通信系统200A的一个示例的概念图;图2B为通信系统200A的EM振幅曲线图;图2C示出了具有和不具有HDR的通信系统200A的比较曲线图。通信系统200A包括耦接到两个收发器230A和240A的闭环波导210A,其中收发器230A可在图2B中更好地看到。波导210A包括基材215A和多个HDR 220A。收发器230A 接收2.4GHz的EM波信号,并且经由波导210A来传播该信号。如图2B 中的曲线图所示的,EM场强度在收发器230A处较强,并且沿HDR 220A 保持大于5.11V/m。如图2C所示,在2.4GHz处,对于如在图2A中所示具有HDR的波导的S参数为-38.16dB,并且对于不具有HDR的波导的S参数为-

80.85dB,其中S参数描述了两个收发器之间的信号关系。

[0040] 图2D示出了使用具有HDR的波导的通信系统200D的一个示例的概念图;图2E为通信系统200D的EM振幅曲线图;图2F示出了具有和不具有HDR的通信系统200D的比较曲线图。通信系统200D包括耦接到两个收发器230D和240D的“L”形波导210D。波导210D包括基材215D和多个HDR 220D。收发器240D接收2.4GHz的EM波信号,并且通过波导 210D来传播该信号。如图2D中的曲线图所示的,EM场强度在收发器 240D处较强,并且沿HDR 220A保持大于5.11V/m。如图2F所示,在 2.4GHz 处,对于在图2C中所示具有HDR的波导的S参数为-29.68dB,并且对于不具有HDR的波导的S参数为-45.38dB。

[0041] 图3A-3G示出了HDR的一些示例性布置。这些图使用圆圈来表示 HDR;然而,每个HDR可使用本文所述的HDR的任何配置。图3A示出了具有以阵列设置的多个HDR 310A的波导300A的一个示例,其中阵列在每行之间具有大致相同的排列。在一些情况下,两个相邻行中的四个相邻 HDR形成矩形形状315A。在一些情况下,315A通常为正方形,即两个相邻行之间的距离为与行中的两个相邻HDR之间的距离相同的距离。在一些实施方案中,行中的相邻HDR具有大致相同的间距。在一些实施方案中,对于相邻HDR之间的期望间距为S的行,行中任何两个相邻HDR之间的距离在S*(1±40%)的范围内。图3B示出了具有以阵列设置的多个HDR 310B的波导300B的另一个示例,其中阵列在两个相邻行之间具有不同的排列。在一些情况下,两个相邻行中的四个相邻HDR形成平行四边形 315B。在一些情况下,每两个其他行中的四个HDR形成矩形形状317B。在一些情况下,每两个相邻的行具有大致相同的距离。

[0042] 图3C示出了具有以阵列设置的多个HDR 310C的波导300C的一个示例,其中阵列在两个相邻行之间具有不同的排列。在一些情况下,三个相邻行中的四个相邻HDR形成正方形 315C。在一些其他情况下,行中的两个相邻HDR之间的距离通常与两行之间的两个相邻HDR之间的距离相同。在一些情况下,每两个其他行中的四个HDR形成矩形形状317C。在一些情况下,矩形形状317C为正方形。

[0043] 图3D示出具有以一定模式设置的多个HDR 310D的波导300D的一个示例,其中HDR具有各种尺寸和/或形状。在一些情况下,至少两个HDR 具有彼此不同的尺寸和/或形状。在一些情况下,第一组HDR具有与第二组HDR的尺寸和/或形状不同的尺寸和/或形状。在一些情况下,第一组 HDR由具有与用于第二组HDR的材料的第二相对介电常数不同的第一相对介电常数的材料形成。相应尺寸、形状和/或材料的一组HDR的模式可使用本文所述的模式中的任一种模式,例如图3A-3C所示的模式。在图3D 所示的示例中,两个相邻行中的四个相邻HDR形成矩形形状315D。图3E 示出具有以受控方式设置的多个HDR 310D的波导300D的示例,使得相邻HDR的距离小于要传播的EM波的波长。在一些情况下,HDR 310D具有大致相同的尺寸、形状和/或材料。在一些其他情况下,HDR 310D可具有不同的尺寸、形状和/或材料。在此类情况下,HDR以同一组内的相邻 HDR的距离小于要传播的EM波的波长的方式来设置。在如图3D和3E所示的一些情况下,不同尺寸和/或形状的HDR可传播不同波长范围内的EM波。例如,在使用具有40的相对介电常数的材料的情况下,直径为 0.68mm的小型HDR传播60GHz范围内的EM波;直径为7mm的中等 HDR传播5.8GHz范围内的EM波;并且直径为17mm的大型HDR传播 2.4GHz范围内的EM波。

[0044] 在一些实施方案中,波导中的HDR可包括由不同介电材料制成的不同组的HDR,使得每组HDR具有不同的相对介电常数,并且能够传播特定波长范围的EM波。在一些情况下,

波导包括具有第一相对介电常数的第一组HDR和具有与第一相对介电常数不同的第二相对介电常数的第二组 HDR。在一些配置中,第一组HDR以第一模式设置,并且第二组HDR以第二模式设置,其中第二模式可与第一模式相同或与第一模式不同。在如图3D所示的一些配置中,每组HDR以规则模式设置。在如图3E所示的一些配置中,每组HDR以受控方式设置,使得相邻HDR的距离小于要传播的EM波的波长。

[0045] 图3F示出具有一行HDR 310F的波导300F的示例。如图所示,相邻 HDR 310F可具有大致相同距离。在一些其他情况下,相邻HDR 310F之间的距离在S*(1±40%)的范围内,其中S为相邻HDR 310F之间的期望距离。在一些情况下,HDR 310F以控制方式设置,使得相邻HDR的距离小于要传播的EM波的波长。在一些实现方式中,波导300F可包括附接装置,例如粘合带、粘合片段、一个或多个钩扣件或环扣件等。

[0046] 图3G示出了堆叠中的波导300G的示例。波导300G具有301G、302G和303G三个区段。每个区段(301G、302G或303G)包括多个HDR 310G。每个区段(301G、302G或303G)可具有以图3A-3F所示的任何模式设置的HDR 310G。在所示的示例中,每个区段的HDR 310G被设置成行。两个相邻区段具有重叠区段315D,该重叠区段315D包括至少两个 HDR以允许跨越这些区段的EM波传播。

[0047] 图4A-4C为示出根据本公开的一种或多种技术的可用于HDR的结构的各种形状的框图。图4A示出了根据本公开的一种或多种技术的球形 HDR的示例。球形HDR 80可由多种陶瓷材料制成,例如包括BaZnTa氧化物、BaZnCoNb氧化物、Zr基陶瓷、钛基陶瓷、钛酸钡基材料、氧化钛基材料、Y5V组合物和X7R组合物等。图4B 和4C 的HDR 82和84可由相似材料制成。球形HDR 80为对称的,因此天线的入射角和所发出的波总体上不影响系统。HDR球体80的相对介电常数与谐振频率正相关。例如,在相同谐振频率下,HDR球体80的尺寸可通过使用更高相对介电常数的材料来减小。HDR球体80的TM谐振频率可使用针对模式S和磁极n的下式来计算:

$$[0048] f_{n,s}^{TM} \sim \frac{C}{2a\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{n-1}{2} + S \right)$$

[0049] HDR球体80的TE谐振频率可使用针对模式S和磁极n的下式来计算:

$$[0050] f_{n,s}^{TE} \sim \frac{C}{2a\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{n}{2} + S \right)$$

[0051] 其中a为圆柱形谐振器的半径。

[0052] 图4B为示出了根据本公开的一种或多种技术的圆柱形HDR的示例的框图。圆柱形HDR 82不关于所有轴线对称。因此,如与图4A的对称球形 HDR 80相反,根据入射角,相对于圆柱形HDR 82的天线的入射角和所发出的波可在波穿过圆柱形HDR 82时对其产生偏振效应。隔离圆柱形HDR 82的TE_{01n}模式的合适谐振频率可使用下式来计算:

$$[0053] f_{GHz} = \frac{34}{a\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{a}{L} + 3.45 \right)$$

[0054] 其中a为圆柱形谐振器的半径并且L为其长度。a和L均以毫米计。谐振频率f_{GHz}以千兆赫计。该式在以下范围中精确至约2%:0.5< a/L<2并且 30< ε_r<50。

[0055] 图4C为示出了根据本公开的一种或多种技术的立方体HDR的示例的框图。立方体

HDR 84不关于所有轴线对称。因此,如与图4A的对称球形 HDR 80相反,相对于圆柱形HDR 82的天线的入射角和所发出的波可在波穿过立方体HDR 84时对其产生偏振效应。近似地,立方体HDR 84的最低谐振频率为:

$$[0056] \quad f = \frac{c}{\sqrt{2}\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{1}{a}$$

[0057] 其中a为立方体边长,并且c为空气中的光速。

[0058] 图4D为示出了涂覆有基材90的球形HDR 88的示例的框图。这可用于控制HDR之间的间距。在一些情况下,这可在制造过程中使用,以控制 HDR阵列的规则晶格常数。例如,球形HDR 88的直径为17mm,其中基材90的涂层厚度为4.25mm。

[0059] 图5A示出了使用具有HDR的波导510A的身体区域网络 (“BAN”) 500A的示例。波导510A可使用本文所述的配置中的任一种配置。如示例所示,波导510A设置在服装520A上或与服装520A集成在一起。在一些情况下,波导510A可为可附接到服装520A的条带形式。在一些其他情况下,波导510A为服装520A的集成部分。在一些情况下, BAN 500A包括若干个微型化身体传感器单元 (“BSU”) 530A。BSU 530A可包括例如血压传感器、胰岛素泵传感器、ECG传感器、EMG传感器、运动传感器等。BSU 530A电耦接到波导510A。“电耦接”是指电连接或无线连接。在一些情况下,BAN 500A可与被应用于人的周围环境的传感器(例如,头盔、身体装甲、使用中的设备等)一起使用。

[0060] 在一些情况下,BSU 530A的一个或多个组件与电磁耦接到波导510A 的收发器(未示出)集成在一起。在一些情况下,BSU 530A的一个或多个组件设置在服装520A上。在一些情况下,BSU 530A的一个或多个组件设置在身体上并电磁耦接到收发器或波导510A。BSU 530A可通过波导510A 来与控制单元540A进行无线通信。控制单元540A还可经由蜂窝网络550A或无线网络560A进行通信。

[0061] 图5B示出了用于通信系统500B中的波导510B的示例。通信系统 500B包括传播EM波的两个通信组件520B和530B。例如,组件520B和/ 或530B包括介电谐振器。作为另一个示例,介电谐振器设置在组件520B 和/或530B的表面上。通信系统500B还包括布置在两个组件520B和530B 之间并且能够将EM波从一个组件传播到另一个组件的波导510B。波导 510B可使用本文所述的配置中的任一种配置。

[0062] 图5C示出了要用于封闭件540C(例如,车辆)的通信系统500C的示例。该通信系统 500C包括位于封闭件540C内的收发器520C、位于封闭件 540C的外部或位于允许EM波空气传播的位置处的收发器530C、以及与收发器520C和530C电磁耦接的波导510C。在中断EM波传播的封闭件的示例中,该通信系统500C允许进出封闭件的EM波中携带的信号的双向或单向通信。波导510C可使用本文所述的配置中的任一种配置。

[0063] 图6为示出了要与阻挡结构650一起使用的通信装置600的一个实施方案的框图。阻挡结构为指将引起特定波长内的无线信号的显著损耗或中断的结构。阻挡结构可引起所发射的无线信号反射和折射并导致信号损耗。例如,阻挡结构可为例如具有金属、金属化玻璃、含铅玻璃、金属墙等的混凝土墙。在一些情况下,该通信装置600为能够在一端(例如,墙前方)上捕获无线信号、以预定义方式(例如,围绕墙)引导信号并在另一端(例如,墙后侧)上重新发射无线信号的无源装置。通信装置600包括第一无源耦合装置610、第二无源耦合装置620、和波导630。波导630 可使用本文所述的任何波导配置。

[0064] 阻挡结构650具有第一侧651和第二侧652。在一些情况下,第一侧 651与第二侧 652相邻。在一些情况下,第一侧651与第二侧652相反。在一些情况下,第一耦合装置设置为邻近阻挡结构的第一侧并且被构造成捕获入射电磁波615(或被称为无线信号)。第二耦合装置620设置为邻近阻挡结构的第二侧。该波导630电磁耦接到第一耦合装置和第二耦合装置(610, 620)并且设置在阻挡结构650周围。在一些情况下,该波导630具有与第一耦合装置和第二耦合装置(610, 620)匹配的谐振频率。该波导630被构造成将由第一耦合装置610捕获的电磁波615朝向第二耦合装置传播。第二耦合装置620被构造成发射与入射电磁波615对应的电磁波625。在一些实施方案中,电磁波可沿反方向传播,使得第二耦合装置620可捕获入射电磁波、将电磁波耦合到波导630中,该波导630朝向第一耦合装置610传播电磁波,并且第一耦合装置610可发射电磁波。

[0065] 在一些实施方案中,两个耦合装置(610, 620)中的至少一个耦合装置为被设计为捕获特定波长范围内的EM波的无源EM收集器。该耦合装置可为例如电介质透镜、贴片天线、八木天线、超材料耦合元件等。在一些情况下,耦合装置具有至少为1的增益。在一些情况下,耦合装置具有在1.5 至3的范围内的增益。在一些情况下,耦合装置具有的增益至少为1。在一些情况下,如果需要方向性,例如仅耦接来自特定源的能量或阻挡来自其他角度或源(诸如干扰源)的能量,则耦合装置的增益可为至少10至30。

[0066] 图7A-7D示出耦合装置的一些示例。在图7A中,耦合装置710A为电介质透镜。通信装置700A包括耦合装置710A和电磁耦接到该耦合装置 710A的波导730。耦合装置710A设置为邻近阻挡结构750的一侧。电介质透镜710A可从周围环境收集电磁波,并且将电磁波耦合到波导730。在图 7B中,耦合装置710B为贴片天线。通信装置700B包括耦合装置710B和电磁耦接到该耦合装置710B的波导730。耦合装置710B设置为邻近阻挡结构750的一侧。在所示的示例中,贴片天线710B包括可从周围环境收集电磁波的贴片天线阵列712B、发射电磁波的馈电网络714B、将电磁波耦合到波导730的次级贴片716B、以及接地部718B。

[0067] 在图7C中,该耦合装置710C为八木天线。该通信装置700C包括耦合装置710C和电磁耦接到该耦合装置710C的波导730。该耦合装置710C 设置为邻近阻挡结构750的一侧。在所示的示例中,八木天线710C包括可从周围环境收集电磁波的导向器712C、接地平面/反射器716C、支撑件 718C、以及将电磁波耦合到波导730的贴片714C。该支撑件718C可由不导电材料形成。

[0068] 图7D示出耦合装置710D的一个示例。耦合装置710D为包括顶层 712D和接地元件720D的超材料耦合元件。顶层712D设置在波导730的一侧上,并且接地元件720D设置在波导730的相反侧上。在一些实施方案中,顶层712D可由固体金属形成。顶层712D包括设置在其上的多个环形元件715D。在一些实施方案中,环形元件715D可设置在任何电介质基板上,或直接设置在波导730的表面上。环形元件715D可由导电材料(诸如铜、银、金等)制成。在一些情况下,环形元件可印刷在顶层712D上。在一些情况下,接地元件720D可为销售的金属接地平面。在一些情况下,接地元件720D可具有与顶层712D相同模式的环形元件715D(未示出)。在一些情况下,顶层712D可包括导电层,其中该导电层在环形元件715D 处被蚀刻。

[0069] 示例性实施方案

[0070] 项A1.一种装置,包括:

[0071] 两个收发器,

- [0072] 用于传播电磁波并电磁耦接到两个收发器的波导,该波导包括基材和以一定模式设置的多个谐振器,该多个谐振器具有谐振频率,
- [0073] 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数大于该基材的相对介电常数,
- [0074] 其中该多个谐振器中的至少两个谐振器根据晶格常数间隔开,该晶格常数限定谐振器中的第一个谐振器的中心和该谐振器中的相邻第二个谐振器的中心之间的距离。
- [0075] 项A2.根据项A1所述的装置,还包括:
- [0076] 基板,其中该波导设置在该基板上或与该基板集成在一起。
- [0077] 项A3.根据项A2所述的装置,其中该两个收发器设置在该基板上。
- [0078] 项A4.根据项A1-A3中任一项所述的装置,其中该波导为柔性的。
- [0079] 项A5.根据项A1-A4中任一项所述的装置,其中该多个谐振器设置在该基材中或该基材上。
- [0080] 项A6.根据项A1-A5中任一项所述的装置,其中该基材涂覆在该多个谐振器中的至少一些谐振器上。
- [0081] 项A7.根据项A1-A6中任一项所述的装置,其中该两个收发器中的至少一个收发器为发射器。
- [0082] 项A8.根据项A1-A7中任一项所述的装置,还包括:
- [0083] 第一传感器,该第一传感器电耦接到该两个收发器中的第一收发器并被构造成生成第一感测信号。
- [0084] 项A9.根据项A8所述的装置,其中该第一收发器被构造成经由该波导来将该第一感测信号发射到该第二收发器。
- [0085] 项A10.根据项A8所述的装置,还包括:
- [0086] 第二传感器,该第二传感器电耦接到该两个收发器中的第二收发器。
- [0087] 项A11.根据项A1-A10中任一项所述的装置,其中该晶格常数小于该电磁波的波长。
- [0088] 项A12.根据项A1-A11中任一项所述的装置,其中该多个谐振器的谐振频率至少部分地基于该电磁波的频率来选择。
- [0089] 项A13.根据项A1-A12中任一项所述的装置,其中该多个谐振器的谐振频率被选择成匹配该电磁波的频率。
- [0090] 项A14.根据项A1-A13中任一项所述的装置,其中该谐振器的直径与晶格常数的比率小于一。
- [0091] 项A15.根据项A1-A14中任一项所述的装置,其中该多个谐振器中的每个谐振器具有为该基材的相对介电常数的至少五倍的相对介电常数。
- [0092] 项A16.根据项A1至项A15中任一项所述的装置,其中该多个谐振器中的每个谐振器具有为该基材的相对介电常数的至少十倍的相对介电常数。
- [0093] 项A17.根据项A1-A16中任一项所述的装置,其中该多个谐振器的谐振频率在毫米波范围内。
- [0094] 项A18.根据项A1-A17中任一项所述的装置,其中该多个谐振器的谐振频率近似为60GHz。

[0095] 项A19. 根据项A1-A18中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器的谐振频率在红外频率范围内。

[0096] 项A20. 根据项A1-A19中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器由陶瓷材料制成。

[0097] 项A21. 根据项A1-A20中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有大于10的相对介电常数。

[0098] 项A22. 根据项A1-A21中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有大于20的相对介电常数。

[0099] 项A23. 根据项A1-A22中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有大于50的相对介电常数。

[0100] 项A24. 根据项A1-A23中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有大于100的相对介电常数。

[0101] 项A25. 根据项A1-A24中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数在200至20,000的范围内。

[0102] 项A26. 根据项A1-A25中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器由以下各项制成: 一种掺杂的或无掺杂的钛酸钡 ($BaTiO_3$)、钛酸锶钡 ($BaSrTiO_3$)、Y5V组合物和X7R组合物、 TiO_2 (二氧化钛)、钛酸铜钙 ($CaCu_3Ti_4O_{12}$)、锆钛酸铅 ($PbZr_xTi_{1-x}O_3$)、钛酸铅 ($PbTiO_3$)、钛酸镁铅 ($PbMgTiO_3$)、铌酸镁铅-钛酸铅 ($Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $PbTiO_3$)、钽酸钛铁 ($FeTiTaO_6$)、共掺杂有Li和Ti的NiO ($La_{1.5}Sr_{0.5}NiO_4$ 、 $Nd_{1.5}Sr_{0.5}NiO_4$)、以及它们的组合。

[0103] 项A27. 根据项A1-A26中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器被热处理。

[0104] 项A28. 根据项A1-A27中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器被烧结。

[0105] 项A29. 根据项A28所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器在高于600 °C的温度下烧结二小时至四小时的周期。

[0106] 项A30. 根据项A28所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器在高于900 °C的温度下烧结二小时至四小时的周期。

[0107] 项A31. 根据项A4所述的装置, 其中该基材包括以下各项中的至少一者: **Teflon®**、石英玻璃、堇青石、硼硅酸盐玻璃、全氟烷氧基、聚氨酯、聚乙烯、以及氟化乙烯丙烯。

[0108] 项A32. 根据项A1-A31中任一项所述的装置, 其中该基材具有在1至 20的范围内的相对介电常数。

[0109] 项A33. 根据项A1-A32中任一项所述的装置, 其中该基材具有在1至 10的范围内的相对介电常数。

[0110] 项A34. 根据项A1-A33中任一项所述的装置, 其中该基材具有在1至7 的范围内的相对介电常数。

[0111] 项A35. 根据项A1-A34中任一项所述的装置, 其中该基材具有在1至5 的范围内的相对介电常数。

[0112] 项A36. 根据项A1-A35中任一项所述的装置, 其中该多个谐振器被形成为具有球形、圆柱形、立方体形、矩形、或椭圆形中的一者。

[0113] 项A37. 一种可穿戴装置, 该可穿戴装置包括: 根据项A1所述的装置。

- [0114] 项A38.根据项A37所述的可穿戴装置,还包括:一个或多个传感器,每个传感器与这两个收发器中的相应一个收发器相关联。
- [0115] 项A39.根据项A38所述的可穿戴装置,其中收发器与两个或更多个传感器相关联。
- [0116] 项A40.根据项A37-A39中任一项所述的可穿戴装置,其中该可穿戴装置为服装。
- [0117] 项A41.一种无线通信系统,包括:
- [0118] 第一收发器和第二收发器;和
- [0119] 谐振器的规则阵列,该谐振器的规则阵列形成在该第一收发器和该第二收发器之间延伸并耦接到该第一收发器和该第二收发器的波导。
- [0120] 项A42.根据项A41所述的无线通信系统,其中该波导包括非线性部分。
- [0121] 项A43.一种用于传播电磁波的波导,包括:
- [0122] 具有谐振频率的多个谐振器,
- [0123] 其中该多个谐振器中的每个谐振器涂覆有基材,
- [0124] 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有的相对介电常数大于该基材的相对介电常数。
- [0125] 项A44.根据项A43所述的波导,其中该多个谐振器中的每个谐振器具有为该基材的相对介电常数的至少五倍的相对介电常数。
- [0126] 项A45.根据项A43或A44所述的波导,其中该多个谐振器中的每个谐振器具有为该基材的相对介电常数的至少十倍的相对介电常数。
- [0127] 项A46.根据项A43-A45中任一项所述的波导,其中该多个谐振器的谐振频率被选择成匹配电磁波的频率。
- [0128] 项A47.根据项A43-A46中任一项所述的波导,其中该多个谐振器被形成为具有球形、圆柱形、立方体形、矩形、或椭圆形中的一者。
- [0129] 项A48.一种用于传播电磁波的波导,包括:
- [0130] 基材,
- [0131] 第一组介电谐振器,该第一组介电谐振器中的每个介电谐振器通常具有第一尺寸,和
- [0132] 第二组介电谐振器,该第二组介电谐振器中的每个介电谐振器通常具有大于该第一尺寸的第二尺寸,
- [0133] 其中该第一组介电谐振器和该第二组介电谐振器中的每个介电谐振器具有的相对介电常数大于该基材的相对介电常数。
- [0134] 项B1.一种用于在阻挡结构周围传播电磁波的通信装置,包括:
- [0135] 无源耦合装置,该无源耦合装置设置为邻近阻挡结构的第一侧并被构造成捕获电磁波,
- [0136] 发射器,该发射器设置为邻近该阻挡结构的第二侧,
- [0137] 波导,该波导电磁耦接到耦合装置和发射器并设置在阻挡结构周围,该波导具有与耦合装置匹配的谐振频率,该波导被构造成传播由耦合装置捕获的电磁波,
- [0138] 其中该发射器被构造成再辐射该电磁波。
- [0139] 项B2.根据项B1所述的装置,其中该耦合装置包括电介质透镜。
- [0140] 项B3.根据项B1或B2所述的装置,其中该耦合装置包括贴片天线。

- [0141] 项B4. 根据项B1-B3中任一项所述的装置, 其中该耦合装置包括超材料耦合元件。
- [0142] 项B5. 根据项B1-B4中任一项所述的装置, 其中该波导包括基材和多个谐振器。
- [0143] 项B6. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器以一定模式设置。
- [0144] 项B7. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器以阵列设置。
- [0145] 项B8. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少两个谐振器根据晶格常数间隔开, 该晶格常数限定谐振器中的第一个谐振器的中心和相邻第二个谐振器的中心之间的距离。
- [0146] 项B9. 根据项B7所述的装置, 其中该晶格常数小于该电磁波的波长。
- [0147] 项B10. 根据项B1-B9中任一项所述的装置, 其中该耦合装置的谐振频率被选择成匹配该电磁波的频率。
- [0148] 项B11. 根据项B7所述的装置, 其中该谐振器的直径与该晶格常数的比率小于一。
- [0149] 项B12. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器设置在该基材中或上。
- [0150] 项B13. 根据项B5所述装置, 其中该基材涂覆在该多个谐振器中的至少一些谐振器上。
- [0151] 项B14. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器的谐振频率至少部分地基于电磁波的频率来选择。
- [0152] 项B15. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器的谐振频率被选择成匹配该电磁波的频率。
- [0153] 项B16. 根据项B5所述的装置, 其中该谐振器的直径与该晶格常数的比率小于一。
- [0154] 项B17. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有为该基材的相对介电常数的至少五倍的相对介电常数。
- [0155] 项B18. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有为该基材的相对介电常数的至少十倍的相对介电常数。
- [0156] 项B19. 根据项B1-B18中任一项所述的装置, 其中该波导的谐振频率在毫米波段内。
- [0157] 项B20. 根据项B1-B19中任一项所述的装置, 其中该波导的谐振频率近似为4.8GHz。
- [0158] 项B21. 根据项B1-B20中任一项所述的装置, 其中该波导的谐振频率在红外频率范围内。
- [0159] 项B22. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器由陶瓷材料制成。
- [0160] 项B23. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有大于20的相对介电常数。
- [0161] 项B24. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有大于100的相对介电常数。
- [0162] 项B25. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的每个谐振器具有在200至20,000的范围内的相对介电常数。
- [0163] 项B26. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器由以下各项制成: 一种掺杂的或无掺杂的钛酸钡($BaTiO_3$)、钛酸锶钡($BaSrTiO_3$)、Y5V组合物和X7R组合物、 TiO_2 (二氧化钛)、钛酸铜钙($CaCu_3Ti_4O_{12}$)、锆钛酸铅($PbZr_xTi_{1-x}O_3$)、钛酸铅($PbTiO_3$)、钛酸镁铅($PbMgTiO_3$)、

铌酸镁铅-钛酸铅 ($\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3)、钽酸钛铁 (FeTiTaO_6)、共掺杂有Li和Ti的 NiO ($\text{La}_{1.5}\text{Sr}_{0.5}\text{NiO}_4$ 、 $\text{Nd}_{1.5}\text{Sr}_{0.5}\text{NiO}_4$)、以及它们的组合。

[0164] 项B27. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器被热处理。

[0165] 项B28. 根据项B5所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器被烧结。

[0166] 项B29. 根据项B28所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器在高于600 °C的温度下烧结两个小时至四个小时的周期。

[0167] 项B30. 根据项B28所述的装置, 其中该多个谐振器中的至少一个谐振器在高于900 °C的温度下烧结两个小时至四个小时的周期。

[0168] 项B31. 根据项B5所述的装置, 其中该基材包括以下各项中的至少一者: **Teflon®**、石英玻璃、堇青石、硼硅酸盐玻璃、全氟烷氧基、聚氨酯、聚乙烯、以及氟化乙烯丙烯。

[0169] 项B32. 根据项B1-B31中任一项所述的装置, 其中该第二侧与该阻挡结构的第一侧相反。

[0170] 本发明不应被认为限于上述的特定示例和实施方案, 因为详细描述此类实施方案有利于解释本发明的各个方面。相反, 本发明应被理解为涵盖本发明的所有方面, 包括落在如由所附权利要求书以及其等同形式所限定的本发明的实质和范围内的各种修改、等同过程和替代装置。

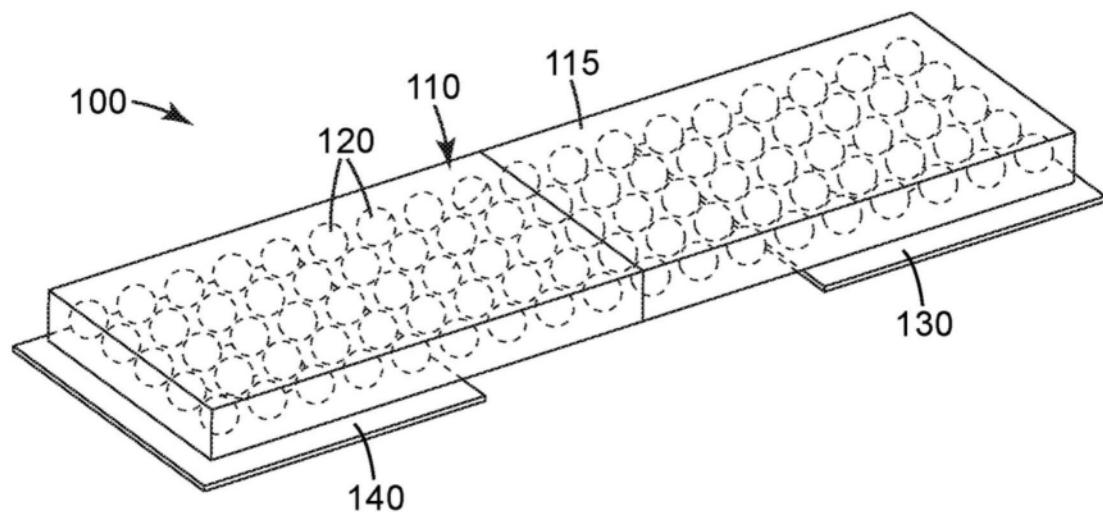


图1

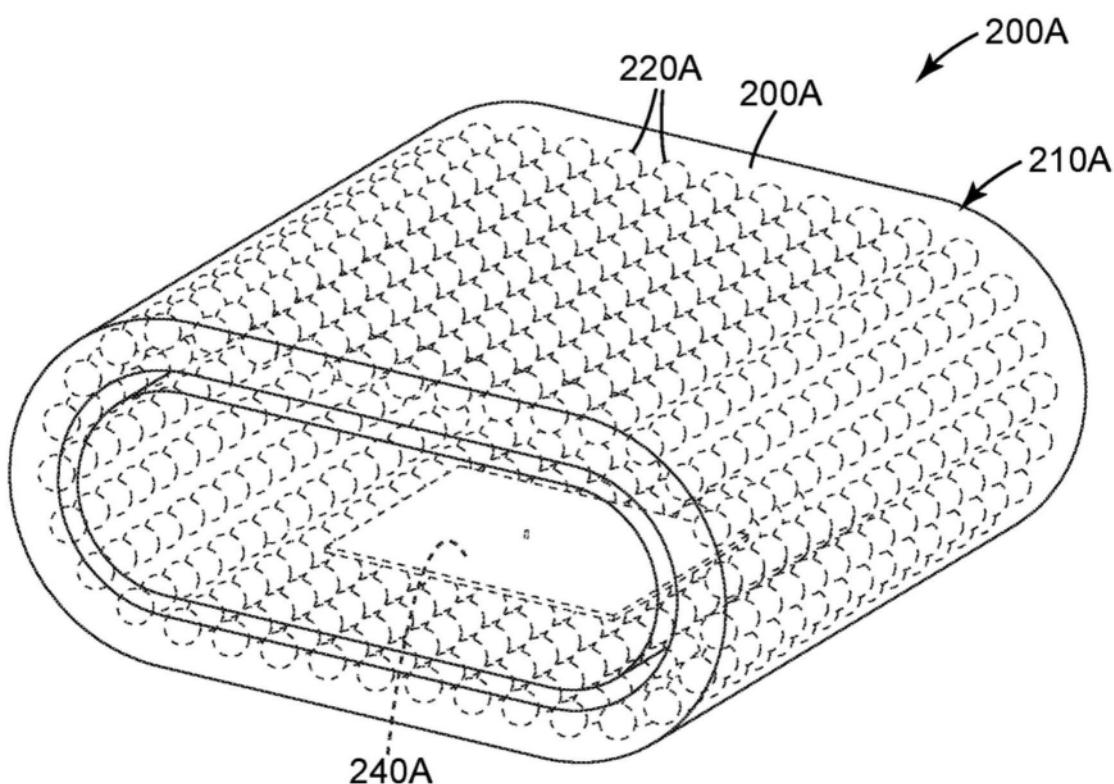


图2A

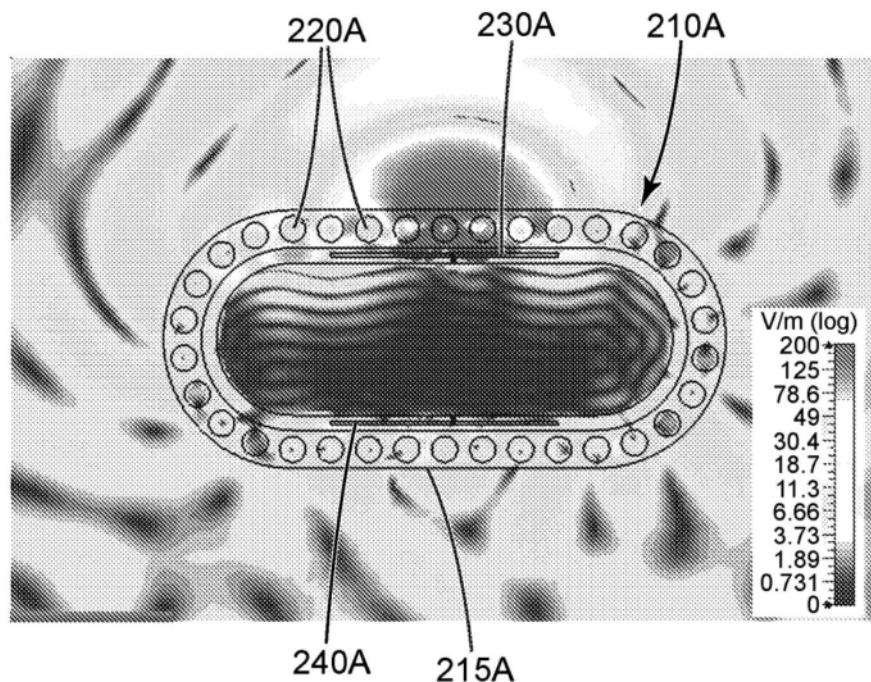


图2B

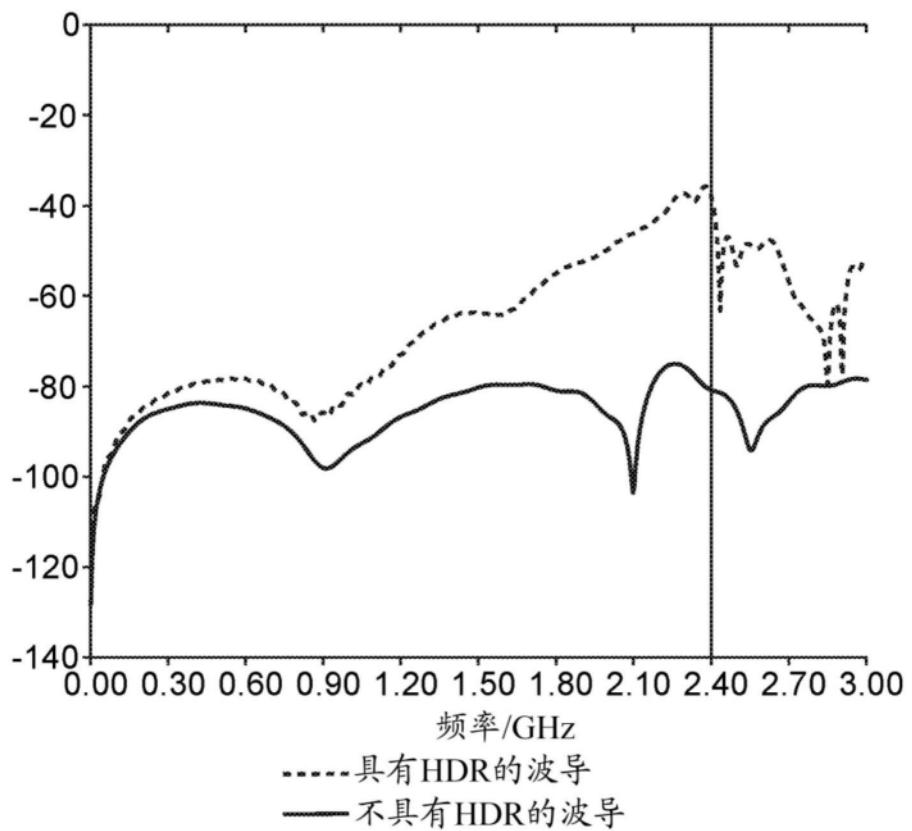


图2C

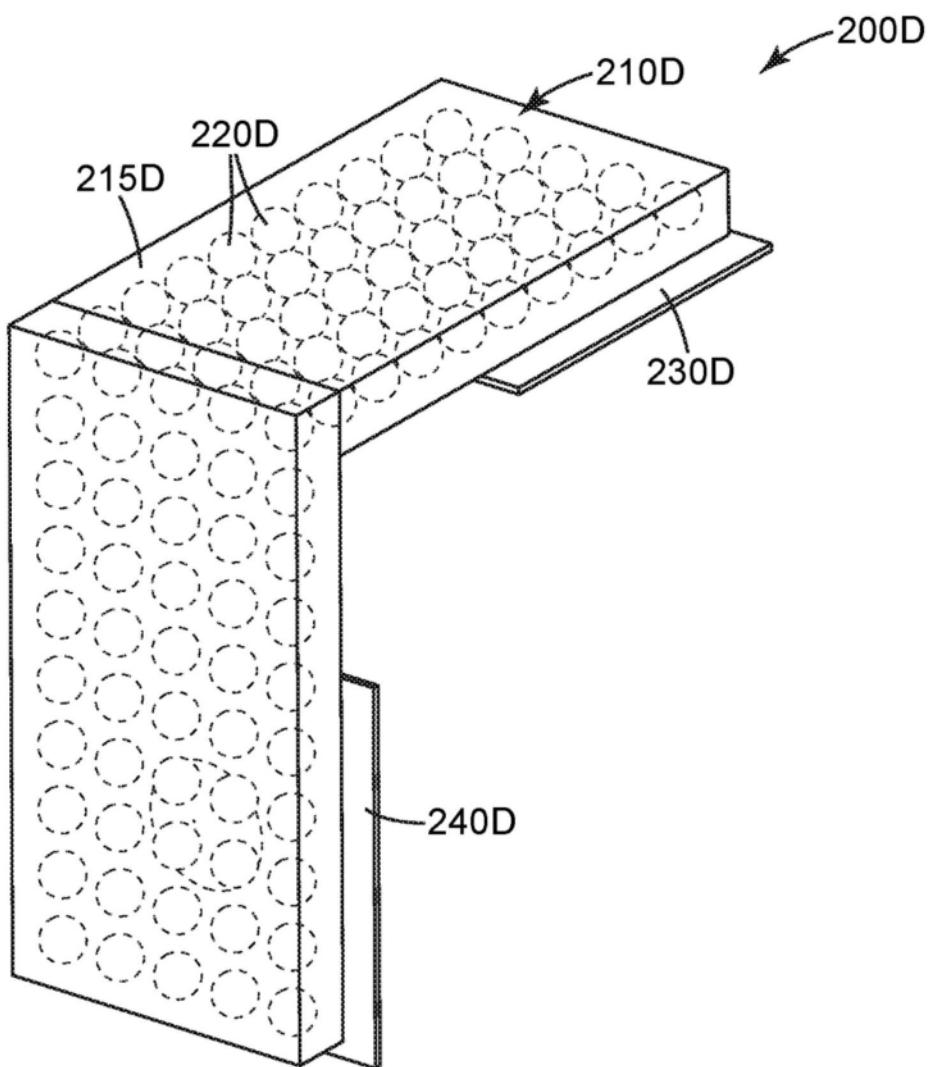


图2D

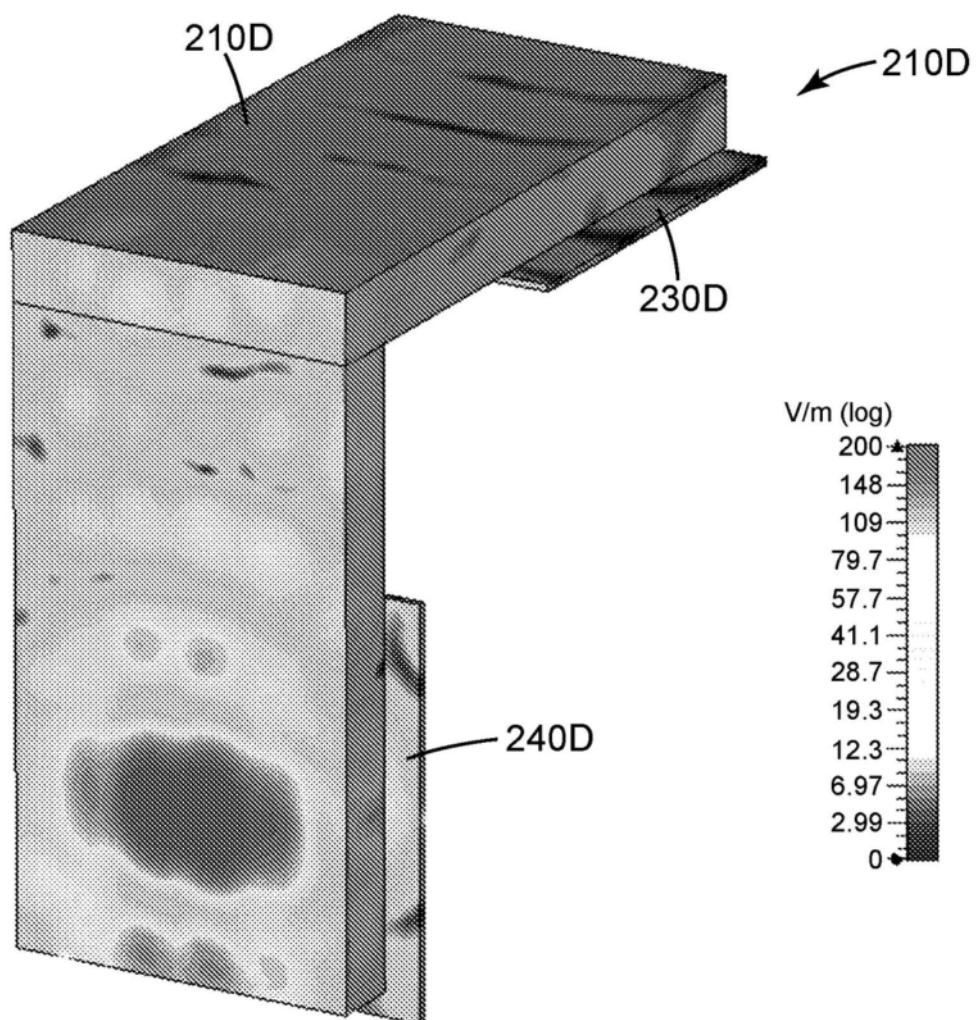


图2E

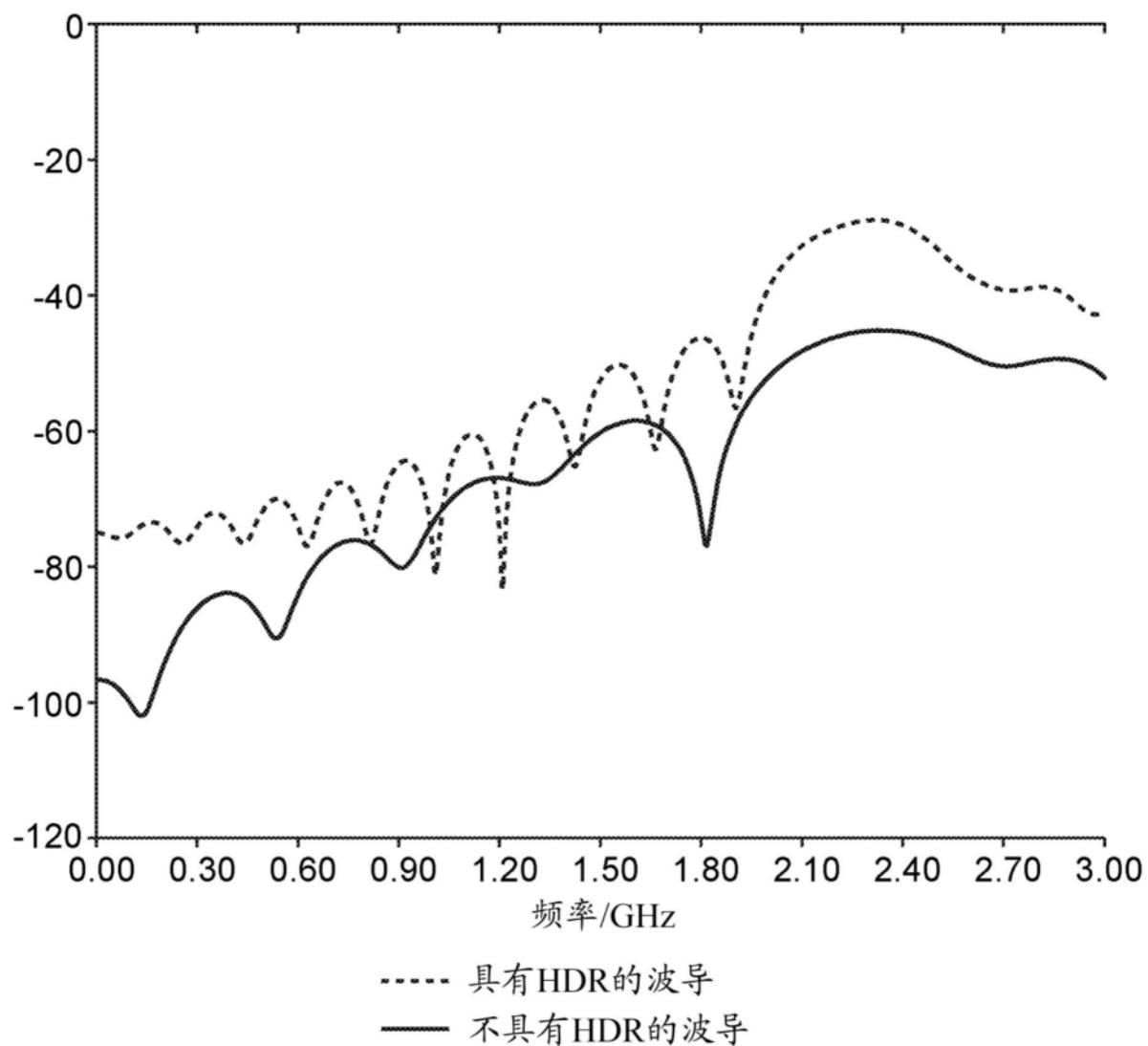


图2F

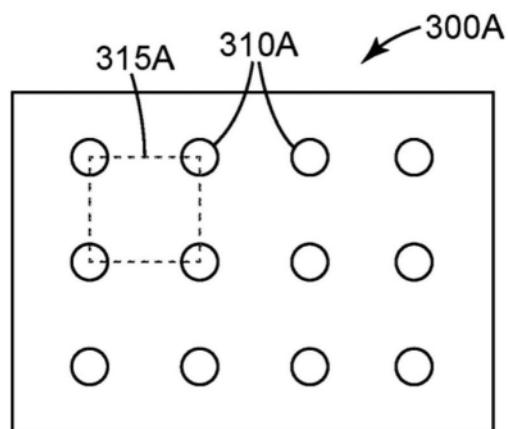


图3A

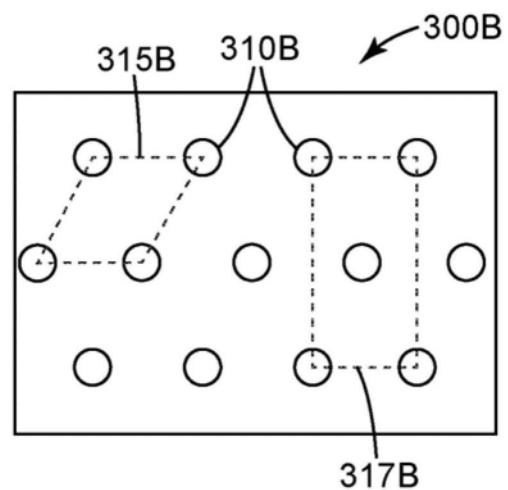


图3B

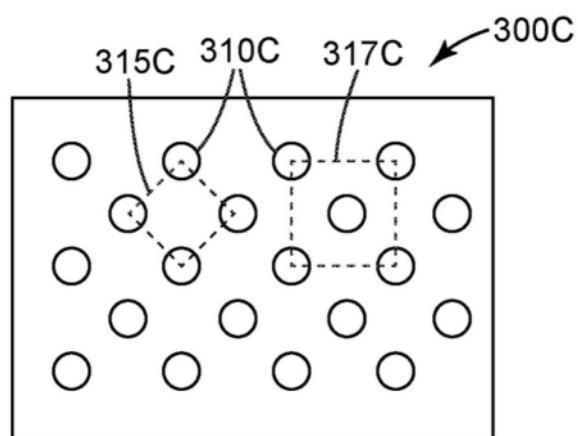


图3C

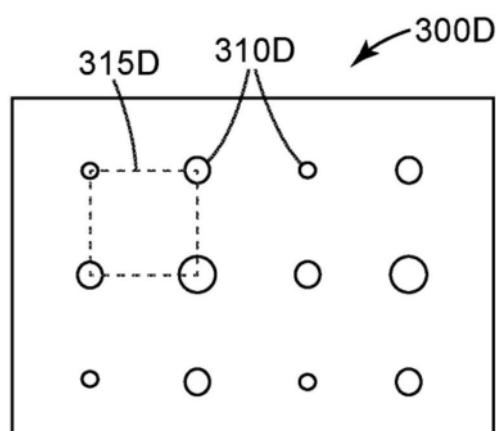


图3D

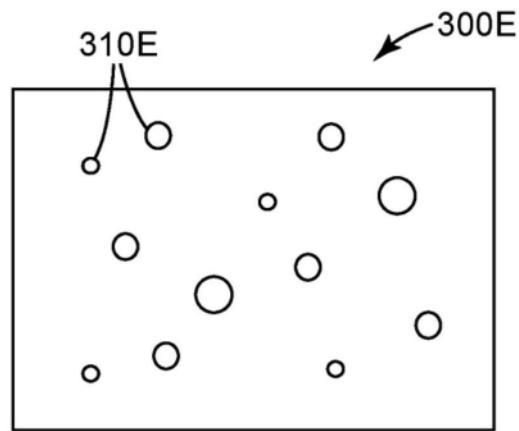


图3E

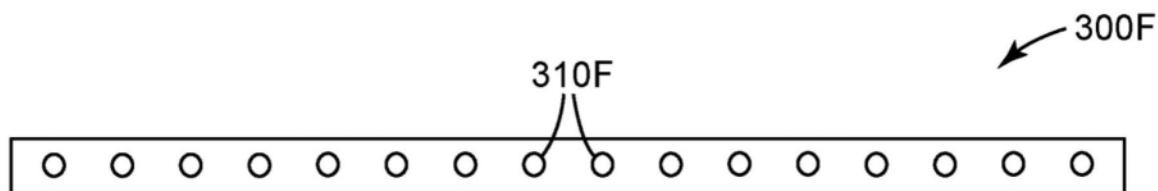


图3F

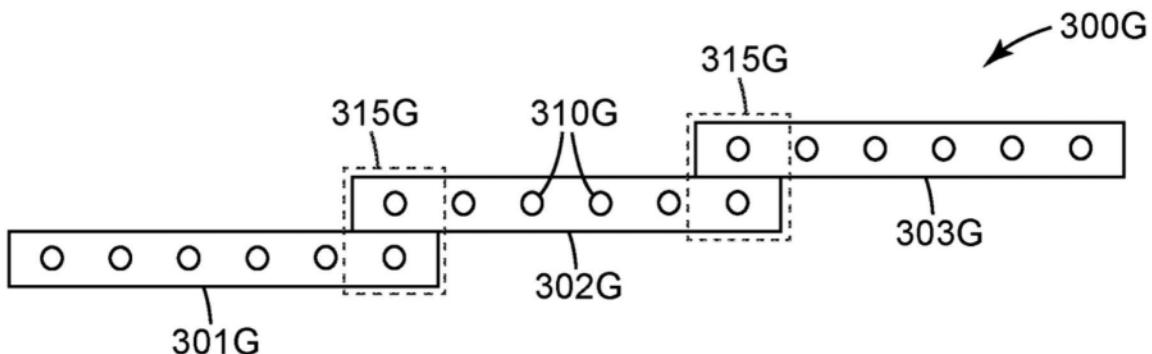


图3G

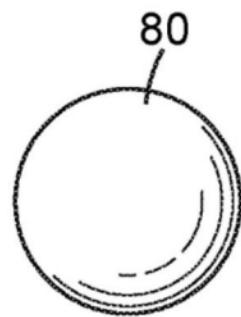


图4A

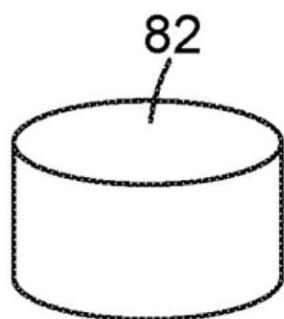


图4B

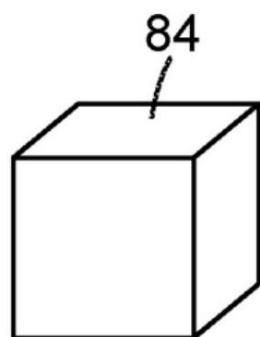


图4C

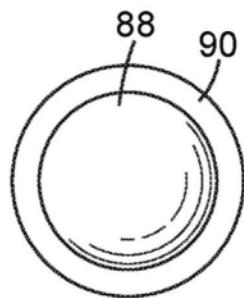


图4D

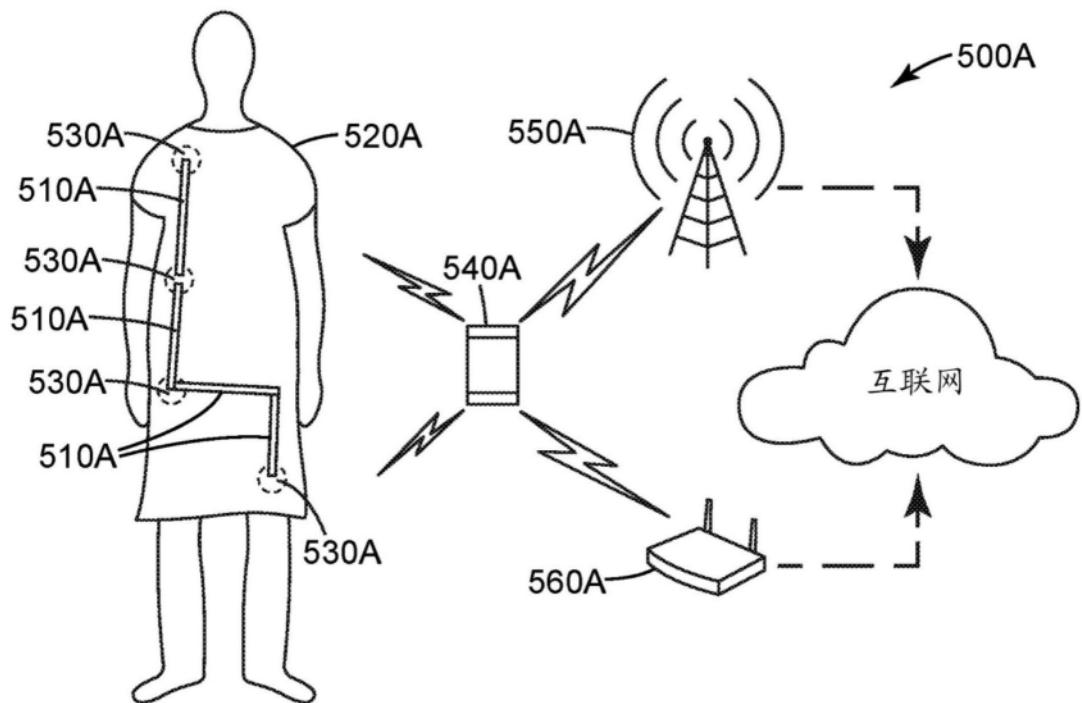


图5A

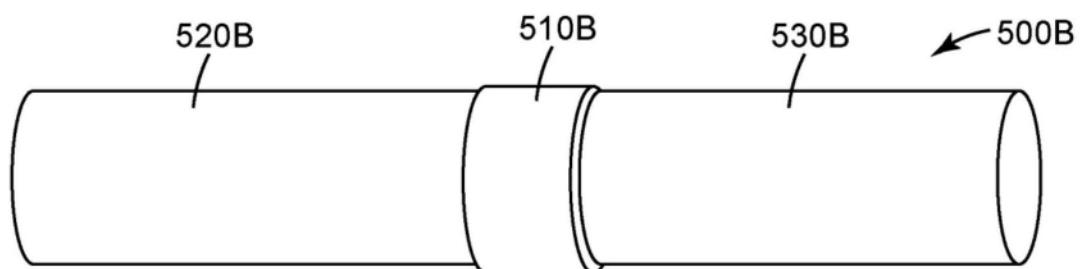


图5B

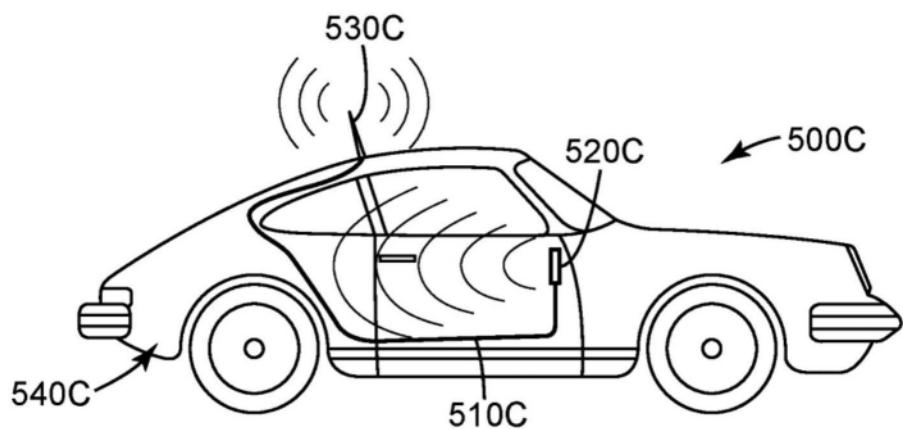


图5C

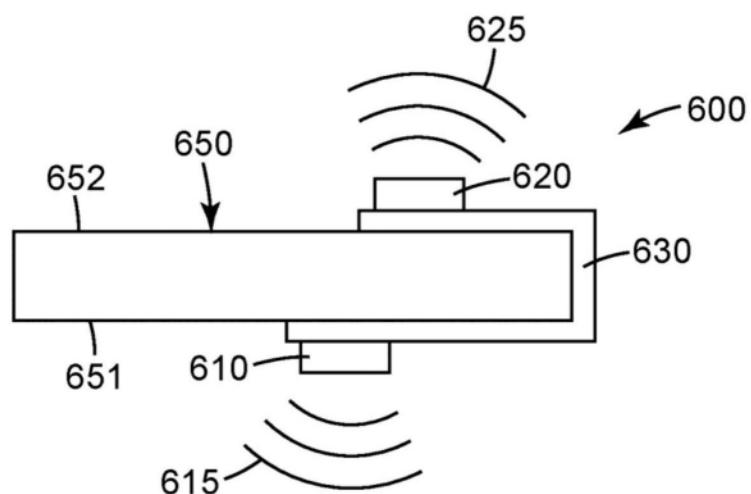


图6

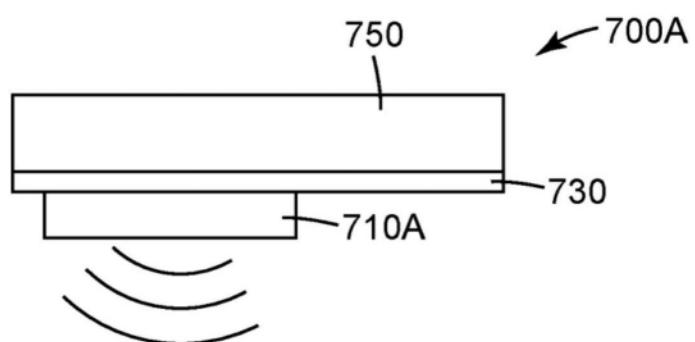


图7A

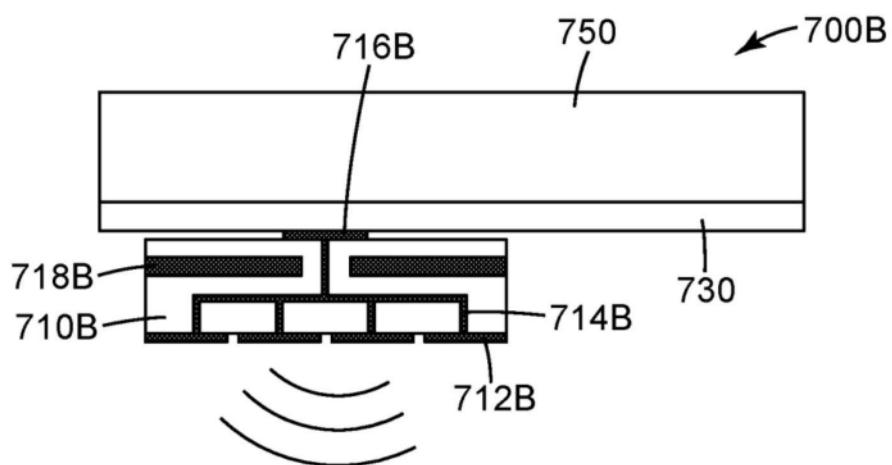


图7B

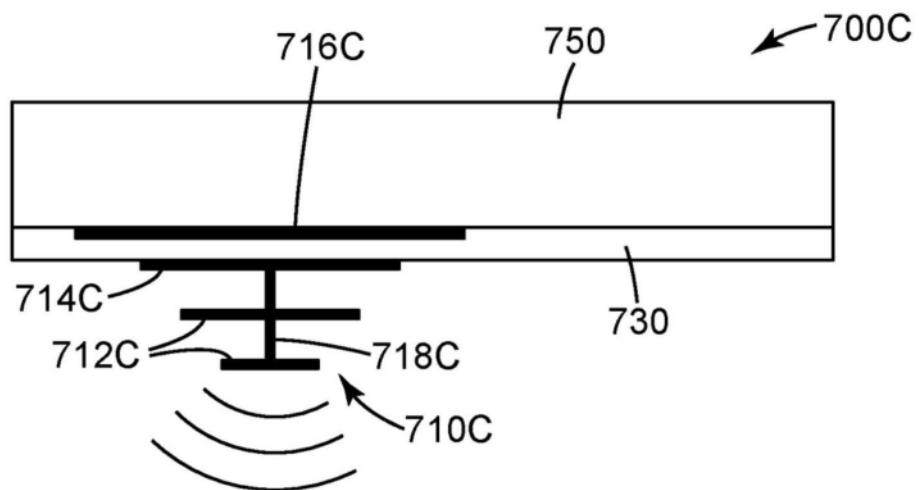


图7C

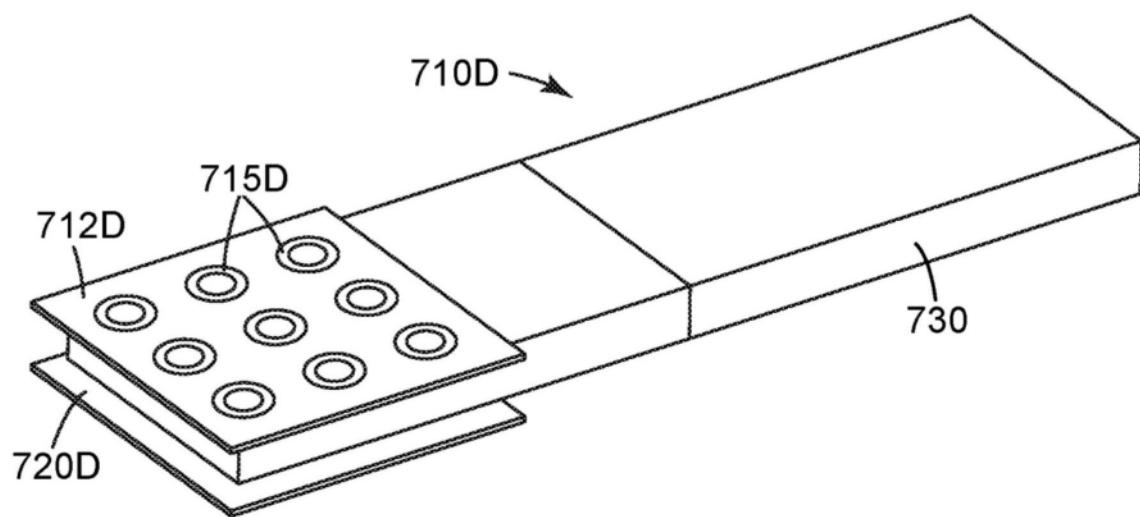


图7D