

(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
2022 年 8 月 18 日 (18.08.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/170751 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 33/38 (2006.01) **A61B 5/055** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/113664
- (22) 国际申请日: 2021 年 8 月 20 日 (20.08.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110183923.5 2021 年 2 月 10 日 (10.02.2021) CN
- (71) 申请人: 清华大学(TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 北京清华长庚医院(BEIJING TSINGHUA CHANGGUNG HOSPITAL) [CN/CN]; 中国北京市昌平区立汤路168号, Beijing 102218 (CN)。
- (72) 发明人: 赵乾(ZHAO, Qian); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 池中海(CHI,

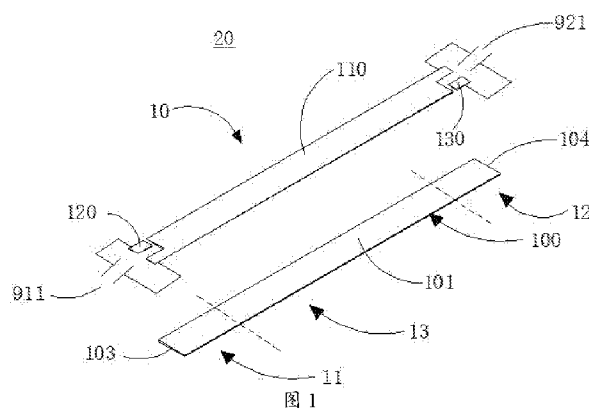
Zhonghai); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 郑卓肇(ZHENG, Zhuozhao); 中国北京市昌平区立汤路168号, Beijing 102218 (CN)。 孟永钢(MENG, Yonggang); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 周济(ZHOU, Ji); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京华进京联知识产权代理有限公司 (ACIP LAW OFFICES); 中国北京市海淀区知春路7号致真大厦A1403, Beijing 100191 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: MAGNETIC FIELD ENHANCEMENT APPARATUS

(54) 发明名称: 磁场增强装置



(57) Abstract: A magnetic field enhancement apparatus (20): a first electrode layer (110) is arranged on a first surface (101), and a second electrode layer (120) is arranged on the first surface (101) and positioned in a first capacitor area (11), the second electrode layer (120) being spaced apart from part of the first electrode layer (110) positioned in the first capacitor area (11), a third electrode layer (130) being arranged on the first surface (101) and being positioned in a second capacitor area (12), the third electrode layer (130) being spaced apart from part of the first electrode layer (110) positioned in the second capacitor area (12), one end of a first resonant capacitor (911) being electrically connected to the second electrode layer (120), and the other end of the first resonant capacitor (911) being electrically connected to the part of the first electrode layer (110) positioned in the first capacitor area (11), the second electrode layer (120) and the part of the first electrode layer (110) positioned in the first capacitor area (11) of two adjacent magnetic field enhancement assemblies (10) being connected, one end of a second resonant capacitor (921) being electrically connected to the third electrode layer (130), and the other end of the second resonant capacitor (921) being electrically connected to the part of the first electrode layer (110) positioned in the second capacitor area (12), and the third electrode layer (130) and the part of the first electrode layer (110) positioned in the second capacitor area (12) of two adjacent magnetic field enhancement assemblies (10) being connected.

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

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

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种磁场增强装置(20), 第一电极层(110)设置于第一表面(101), 第二电极层(120)设置于第一表面(101), 并位于第一电容区(11), 第二电极层(120)与第一电极层(110)位于第一电容区(11)的部分间隔设置, 第三电极层(130)设置于第一表面(101), 并位于第二电容区(12), 第三电极层(130)与第一电极层(110)位于第二电容区(12)的部分间隔设置, 第一谐振电容(911)的一端与第二电极层(120)电连接, 第一谐振电容(911)的另一端与第一电极层(110)位于第一电容区(11)的部分电连接, 相邻两个磁场增强组件(10)的第二电极层(120)与第一电极层(110)位于第一电容区(11)的部分连接, 第二谐振电容(921)的一端与第三电极层(130)电连接, 第二谐振电容(921)的另一端与第一电极层(110)位于第二电容区(12)的部分电连接, 相邻两个磁场增强组件(10)的第三电极层(130)与第一电极层(110)位于第二电容区(12)的部分连接。

磁场增强装置

相关申请

本申请要求 2021 年 02 月 10 日申请的，申请号为 2021101839235，名称为“一种高频 MRI 图像增强超构表面器件”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本申请涉及磁共振成像技术领域，特别是涉及一种应用于 MRI 系统的磁场增强装置。

背景技术

MRI (Magnetic Resonance Imaging, 核磁共振成像技术) 为非介入探测方式，是医药、生物、神经科学领域的一项重要的基础诊断技术。传统 MRI 系统传输的信号强度主要取决于静磁场 B_0 的强度，采用高磁场甚至超高磁场系统可以提高图像的信噪比、分辨率和缩短扫描时间。但是，静磁场强度的增加会带来如下三个问题：1) 射频 (RF) 场非均匀性增大，调谐难度增加；2) 人体组织产热增加，带来安全隐患，患者还容易出现眩晕和呕吐等不良反应；3) 购置成本大幅度增加，对大多数小规模医院来说是一种负担。因此，如何采用尽量小的静磁场强度同时能够获得高的成像质量成为 MRI 技术中一个至关重要的问题。

超构材料的出现为 MRI 成像质量和效率的提高，提供了一种新颖的更有效的方法。超构材料具有许多天然材料所不具备的特殊性质。通过电磁波与超构材料的金属或电介质基元间的相互作用及基元间的耦合效应，可以实现对电磁波传播路径与电磁场场强分布的控制。其中，具体工作原理是利用超构材料形成的结构中的电磁谐振，实现呈各向异性和梯度分布等电磁参数的调节。并且，通过对超构材料的几何尺寸、形状和介电常数等参数的设计，能够实现不同频点的谐振增强。

传统的磁场增强组件包括电介质板和分别位于电介质板正面和背面的第一电极和第二电极。第二电极在电介质板上的正投影位于第一电极在电介质板上正投影的两端，以构成平行板电容器。

传统的磁场增强组件的结构中形成的平行板电容器均位于条形电极形成的传输线上。多个传统磁场增强组件依次连接后，形成增强装置。增强装置的等效电路为多个平行板电容器并联连接关系。多个传统磁场增强组件连接形成的增强装置的等效电容，为多个平行板电容器的电容相加。由于电容与频率成反比，在高场或者超高场 MRI 系统 (3T 及其以上) 时，频率增大，多个传统磁场增强组件连接形成的增强装置的等效电容变小。等效电容变小，需要多个平行板电容器的电容也相应地变小。由于多个传统磁场增强组件连接形成的增强装置的等效电容，为多个平行板电容器的电容相加，导致多个平行板电容器的电容需要很小的电容值。因此，多个平行板电容器的电容值过小，会使得多个传统磁场增强组件连接形成的增强装置的谐振频率波动较大，导致谐振频率的稳定性变差。

申请内容

有鉴于此，本申请提供一种磁场增强装置。

本申请提供一种磁场增强装置。所述磁场增强装置包括多个磁场增强组件。每个所述磁场增强组件包括第一电介质层、第一电极层、第二电极层以及第三电极层。所述第一电介质层具有相对设置的第一端与第二端。所述第一电介质层还具有一个第一表面，由所述第一端到所述第二端延伸。

由所述第一端到所述第二端方向上，所述第一表面包括第一电容区、传导区和第二电容区。所述传导区位于所述第一电容区和所述第二电容区之间。所述第一电容区靠近所述第一端。所述第二电容区靠近所述第二端。

所述第一电极层设置于所述第一表面。所述第一电极层由所述第一端延伸至所述第二端。所述第一电极层的两端分别向所述第一电容区和所述第二电容区延伸。所述第二电极层设置于所述第一表面。所述第二电极层位于所述第一电容区。所述第二电极层与所述第一电极层位于所述第一电容区的部分间隔设置。

所述第三电极层设置于所述第一表面。所述第三电极层位于所述第二电容区。所述第三电极层与所述第一电极层位于所述第二电容区的部分间隔设置。

每个所述磁场增强组件由所述第一端至所述第二端延伸。所述多个磁场增强组件间隔设置，并包围形成一个磁场增强空间。所述磁场增强空间用于放置被测部位，进而对所述被测部位的磁场增强。

所述磁场增强装置还包括多个第一谐振电容。所述多个第一谐振电容靠近所述第一端设置。一个所述第一谐振电容与一个所述磁场增强组件对应设置。每个所述第一谐振电容的一端与所述第二电极层电连接。每个所述第一谐振电容的另一端与所述第一电极层位于所述第一电容区的部分电连接。相邻两个所述磁场增强组件的所述第二电极层与所述第一电极层位于所述第一电容区的部分连接。可以理解为，相邻两个所述磁场增强组件中，一个所述磁场增强组件的所述第二电极层与另一个所述磁场增强组件的所述第一电极层位于所述第一电容区的部分连接。在所述第一端一侧，所述多个磁场增强组件通过每个所述磁场增强组件中的所述第二电极层和所述第一电极层位于所述第一电容区的部分连接。

当所述磁场增强装置设置于磁场环境时，会产生感应电流。在所述第一端一侧，感应电流会依次经过所述第二电极层、所述第一谐振电容的两端、所述第一电极层位于所述第一电容区的部分、相邻所述磁场增强组件的所述第二电极层、所述第一谐振电容的两端、所述第一电极层位于所述第一电容区的部分。以此类推，当等效成电路图时，所述多个第一谐振电容逐个依次串联连接。

所述磁场增强装置还包括多个第二谐振电容。所述多个第二谐振电容靠近所述第二端设置。一个所述第二谐振电容与一个所述磁场增强组件对应设置。每个所述第二谐振电容的一

端与所述第三电极层电连接，每个所述第二谐振电容的另一端与所述第一电极层位于所述第二电容区的部分电连接。相邻两个所述磁场增强组件的所述第三电极层与所述第一电极层位于所述第二电容区的部分连接。可以理解为，相邻两个所述磁场增强组件中，一个所述磁场增强组件的所述第三电极层与另一个所述磁场增强组件的所述第一电极层位于所述第二电容区的部分连接。在所述第二端一侧，所述多个磁场增强组件通过每个所述磁场增强组件中的所述第三电极层和所述第一电极层位于所述第二电容区的部分连接。

当所述磁场增强装置设置于磁场环境时，会产生感应电流。在所述第二端一侧，感应电流会依次经过所述第三电极层、所述第二谐振电容的两端、所述第一电极层位于所述第二电容区的部分、相邻所述磁场增强组件的所述第三电极层、所述第二谐振电容的两端、所述第一电极层位于所述第二电容区的部分。以此类推，当等效成电路图时，所述多个第二谐振电容逐个依次串联连接。

所述第一电极层、所述第二电极层以及所述第三电极层都设置于所述第一表面。所述第一电极层、所述第二电极层以及所述第三电极层设置在了同一表面，彼此之间没有形成平行板电容器。所述第一电极层、所述第二电极层以及所述第三电极层都间隔设置，彼此之间没有连接。在所述第一电容区中，所述第二电极层与所述第一电极层间隔设置于同一表面。所述第一谐振电容的两端分别与所述第二电极层和所述第一电极层电连接。在所述第二电容区中，所述第二谐振电容的两端分别与所述第三电极层和所述第一电极层电连接。

当所述多个磁场增强组件连接，并位于磁场环境中时，所述多个第一谐振电容逐个依次串联连接。所述多个第二谐振电容逐个依次串联连接。当高场或者超高场 MRI 系统（3T 及其以上）的工作频率和所述磁场增强装置的谐振频率相同时，所述磁场增强装置可以对磁场增强。

由于电容与频率成反比，在高场或者超高场 MRI 系统（3T 及其以上）时，频率较大，多个传统磁场增强组件连接形成的结构的等效电容需要偏小。然而，所述多个第一谐振电容串联连接会使得所述多个第一谐振电容形成的等效电容变小。所述多个第二谐振电容串联连接会使得所述多个第二谐振电容形成的等效电容变小。串联连接等效之后的电容变小，可以使得串联连接等效之前的所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 采用大电容值。当将所述磁场增强装置的谐振频率中的电容值分配给所述多个第一谐振电容和所述多个第二谐振电容时，所述多个第一谐振电容和所述多个第二谐振电容的电容值可以采用大电容值，避免了采用过小电容值的电容器。采用大电容值的电容器使得所述磁场增强装置形成的结构的谐振频率波动较小，提高了谐振频率的稳定性，更加适合用于高场 MRI。

附图说明

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的实

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，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

图 1 为本申请提供的图一个实施例中磁场增强组件的爆炸结构示意图；图 2 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的结构示意图；图 3 为本申请提供的一个实施例中第一磁场增强组件的俯视图；图 4 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的等效电路图；图 5 为本申请提供的一个实施例中第一磁场增强组件的俯视图；图 6 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的结构示意图；图 7 为本申请提供的一个实施例中第一磁场增强组件的俯视图；图 8 为本申请提供的一个实施例中第一磁场增强组件的俯视图；图 9 为本申请提供的一个实施例中第二磁场增强组件的俯视图；图 10 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的结构示意图；图 11 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的结构示意图；图 12 为本申请提供的图 11 中第二磁场增强组件、第三导电结构、第四导电结构、第一谐振电容以及第二谐振电容的连接结构示意图；图 13 为本申请提供的一个实施例中第二磁场增强组件的俯视图；图 14 为本申请提供的一个实施例中第三磁场增强组件的侧视图；图 15 为本申请提供的一个实施例中第三磁场增强组件的第一端的侧视图；图 16 为本申请提供的一个实施例中第三磁场增强组件的第二端的侧视图；图 17 为本申请提供的一个实施例中第三磁场增强组件的侧视图；图 18 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的结构示意图；图 19 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的结构示意图；图 20 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置与传统结构的谐振频率的对比图；图 21 为本申请提供的一个实施例中磁场增强装置的磁场分布。

具体实施方式

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，都属于本申请保护的范围。

为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下通过实施例，并结合附图，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

请参见图 1，本申请提供一种磁场增强装置 20。所述磁场增强装置 20 包括多个第一磁场增强组件 10。每个所述第一磁场增强组件 10 包括第一电介质层 100、第一电极层 110、第二电极层 120 以及第三电极层 130。所述第一电介质层 100 具有相对设置的第一端 103 与第二端 104。所述第一电介质层 100 还具有一个第一表面 101，由所述第一端 103 到所述第二端 104 延伸。

由所述第一端 103 到所述第二端 104 方向上，所述第一表面 101 包括第一电容区 11、传导区 13 和第二电容区 12。所述传导区 13 位于所述第一电容区 11 和所述第二电容区 12 之间。

所述第一电容区 11 靠近所述第一端 103。所述第二电容区 12 靠近所述第二端 104。

所述第一电极层 110 设置于所述第一表面 101。所述第一电极层 110 由所述第一端 103 延伸至所述第二端 104。所述第一电极层 110 的两端分别向所述第一电容区 11 和所述第二电容区 12 延伸。所述第二电极层 120 设置于所述第一表面 101。所述第二电极层 120 位于所述第一电容区 11。所述第二电极层 120 与所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分间隔设置。可以理解为，在所述第一电容区 11，所述第二电极层 120 与所述第一电极层 110 间隔设置。

所述第三电极层 130 设置于所述第一表面 101。所述第三电极层 130 位于所述第二电容区 12。所述第三电极层 130 与所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分间隔设置。可以理解为，在所述第二电容区 12，所述第三电极层 130 与所述第一电极层 110 间隔设置。

请参见图 2，每个所述第一磁场增强组件 10 由所述第一端 103 至所述第二端 104 延伸。所述多个第一磁场增强组件 10 间隔设置，并包围形成一个磁场增强空间 105。所述磁场增强空间 105 用于放置被测部位，进而对所述被测部位的磁场进行增强。

请参见图 3，所述磁场增强装置 20 还包括多个第一谐振电容 911。所述多个第一谐振电容 911 靠近所述第一端 103 设置。一个所述第一谐振电容 911 与一个所述第一磁场增强组件 10 对应设置。每个所述第一谐振电容 911 的一端与所述第二电极层 120 电连接。每个所述第一谐振电容 911 的另一端与所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分电连接。相邻两个所述第一磁场增强组件 10 的所述第二电极层 120 与所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分连接。可以理解为，相邻两个所述第一磁场增强组件 10 中，一个所述第一磁场增强组件 10 的所述第二电极层 120 与另一个所述第一磁场增强组件 10 的第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分连接。在所述第一端 103 一侧，所述多个第一磁场增强组件 10 通过每个所述第一磁场增强组件 10 中的所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分连接。

当所述磁场增强装置 20 设置于磁场环境时，会产生感应电流。在所述第一端 103 一侧，感应电流会依次经过所述第二电极层 120、所述第一谐振电容 911 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分、相邻所述第一磁场增强组件 10 的第二电极层 120、所述第一谐振电容 911 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分等。请参见图 4，当等效成电路图时，所述多个第一谐振电容 911 逐个依次串联连接。

所述磁场增强装置 20 还包括多个第二谐振电容 921。所述多个第二谐振电容 921 靠近所述第二端 104 设置。一个所述第二谐振电容 921 与一个所述第一磁场增强组件 10 对应设置。每个所述第二谐振电容 921 的一端与所述第三电极层 130 电连接，每个所述第二谐振电容 921 的另一端与所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分电连接。相邻两个所述第一磁场增强组件 10 的所述第三电极层 130 与所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分

连接。可以理解为，相邻两个所述第一磁场增强组件 10 中，一个所述第一磁场增强组件 10 的所述第三电极层 130 与另一个所述第一磁场增强组件 10 的所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分连接。在所述第二端 104 一侧，所述多个所述第一磁场增强组件 10 通过每个所述第一磁场增强组件 10 中的所述第三电极层 130 和所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分连接。

当所述磁场增强装置 20 设置于磁场环境时，会产生感应电流。在所述第二端 104 一侧，感应电流会依次经过所述第三电极层 130、所述第二谐振电容 921 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分、相邻所述第一磁场增强组件 10 的所述第三电极层 130、所述第二谐振电容 921 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分等。请参见图 4，当等效成电路图时，所述多个第二谐振电容 921 逐个依次串联连接。

所述第一电极层 110、所述第二电极层 120 以及所述第三电极层 130 都设置于所述第一表面 101。所述第一电极层 110、所述第二电极层 120 以及所述第三电极层 130 设置在了同一表面，彼此之间没有形成平行板电容器。所述第一电极层 110、所述第二电极层 120 以及所述第三电极层 130 都间隔设置，彼此之间没有连接。在所述第一电容区 11 中，所述第二电极层 120 与所述第一电极层 110 间隔设置于同一表面。所述第一谐振电容 911 的两端分别与所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 电连接。在所述第二电容区 12 中，所述第二谐振电容 921 的两端分别与所述第三电极层 130 和所述第一电极层 110 电连接。

当所述多个所述第一磁场增强组件 10 连接，并位于磁场环境中时，所述多个第一谐振电容 911 逐个依次串联连接。所述多个第二谐振电容 921 逐个依次串联连接。当高场或者超高场 MRI 系统（3T 及其以上）的工作频率和所述磁场增强装置 20 的谐振频率相同时，所述磁场增强装置 20 可以对磁场进行增强。

由于电容与频率成反比，在高场或者超高场 MRI 系统（3T 及其以上）时，频率较大，会使得多个传统磁场增强组件连接形成的增强装置的等效电容需要偏小。然而，所述多个第一谐振电容 911 串联连接会使得所述多个第一谐振电容 911 形成的等效电容变小。所述多个第二谐振电容 921 串联连接会使得所述多个第二谐振电容 921 形成的等效电容变小。串联连接等效之后的电容变小，可以使得串联连接等效之前的所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 采用大电容值。当将所述磁场增强装置 20 的谐振频率中的电容值分配给所述多个第一谐振电容 911 和所述多个第二谐振电容 921 时，所述多个第一谐振电容 911 和所述多个第二谐振电容 921 的电容值可以采用大电容值，避免了采用过小电容值的电容器。采用大电容值的电容器使得所述磁场增强装置 20 的谐振频率波动较小，提高了谐振频率的稳定性，更加适合用于高场 MRI 系统。

所述磁场增强装置 20 为高频 MRI 图像增强超构表面器件。所述高频 MRI 图像增强超构表面器件使得高频工作下的超构表面具有较大的电容值，避免了采用过小电容值的电容。所

述高频 MRI 图像增强超构表面器件，避免了采用过小电容值的电容，增加了所述高频 MRI 图像增强超构表面器件在高频工作条件下的可调性和谐振频率稳定性。

所述高频 MRI 图像增强超构表面器件，采用大电容值的电容使得所述高频 MRI 图像增强超构表面器件的谐振频率波动较小。所述高频 MRI 图像增强超构表面器件，采用大电容值的电容，提高了所述高频 MRI 图像增强超构表面器件的谐振频率的稳定性，更加适合用于高场 MRI 系统。

在一个实施例中，所述第一电极层 110、所述第二电极层 120 以及所述第三电极层 130 的材料可以为铜、银、金等无磁性金属。所述第一电介质层 100 的材料可以为耐燃材料等级为 FR4 的材料、聚亚苯基氧化物（PPE）等耐高温的热塑性树脂或者 Rogers 4003C 材料等。

在一个实施例中，所述第一电极层 110、所述第二电极层 120 以及所述第三电极层 130 的材料相同，均为铜箔。

请参见图 5，在一个实施例中，在所述第一电容区 11 中，所述第一谐振电容 911 设置于所述第一表面 101。在所述第二电容区 12 中，所述第二谐振电容 921 设置于所述第一表面 101。

在所述第一电容区 11 中，所述第二电极层 120 与所述第一电极层 110 间隔设置。所述第二电极层 120 与所述第一电极层 110 的相对端口会形成一个第一空隙，并露出所述第一表面 101。所述第一谐振电容 911 设置于第一空隙中的所述第一表面 101。在所述第二电容区 12 中，所述第三电极 130 与所述第一电极层 110 间隔设置。所述第三电极 130 与所述第一电极层 110 的相对端口会形成一个第二空隙，并露出所述第一表面 101。所述第二谐振电容 921 设置于第二空隙中的所述第一表面 101。

所述第一谐振电容 911 设置于第一空隙中的所述第一表面 101，所述第一谐振电容 911 的两端可以采用较少的引线与所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 电连接。所述第二谐振电容 921 设置于第二空隙中的所述第一表面 101，所述第二谐振电容 921 的两端可以采用较少的引线与所述第三电极 130 和所述第一电极层 110 电连接。由于连接电容的引线较少，可以避免引线引入过多的电感。所述磁场增强装置 20 的谐振频率不会受到过多电感的影响。从而，所述磁场增强装置 20 的谐振频率波动较小，提高了谐振频率的稳定性，更加适合用于高场 MRI 系统。

在一个实施例中，位于所述传导区 13 中的所述第一电极层 110 形成的磁场为所述磁场增强装置 20 的主要磁场。位于所述传导区 13 中的所述第一电极层 110 包围形成的空间为主要的磁场增强空间。所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 关于所述传导区 13 中的所述第一电极层 110 对称。所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 分别对称设置于所述第一端 103 和所述第二端 104。所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 对称设置，使得所述磁场增强装置 20 形成的磁场更加均匀对称，更有利于对所述检测部位检测，提高 MRI 系统的图像质量。所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 分别对称设置于所述

第一端 103 和所述第二端 104，使得所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 远离所述磁场增强空间 105。所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 远离所述磁场增强空间 105，可以避免电容产生的电场对检测部位造成伤害。

请参见图 6，在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括多个第一导电结构 519 和多个第二导电结构 529。所述多个第一导电结构 519 靠近所述第一端 103 设置。每个所述第一导电结构 519 设置于相邻两个所述第一磁场增强组件 10 之间。每个所述第一导电结构 519 的两端分别与相邻两个所述第一磁场增强组件 10 的所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分连接。可以理解为，一个所述第一导电结构 519 的一端与一个所述第一磁场增强组件 10 的第二电极层 120 连接。一个所述第一导电结构 519 的另一端与相邻所述第一磁场增强组件 10 的第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分连接。

在所述第一端 103 一侧，通过所述多个第一导电结构 519 将所述多个第一磁场增强组件 10 依次连接。感应电流会依次经过所述第二电极层 120、所述第一谐振电容 911 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分、所述第一导电结构 519、相邻的第一磁场增强组件 10 的第二电极层 120、所述第一谐振电容 911 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分、所述第一导电结构 519。依次类推，当等效成电路图时，通过所述多个第一导电结构 519 将所述多个第一谐振电容 911 逐个依次串联连接。

所述多个第二导电结构 529 靠近所述第二端 104 设置。每个所述第二导电结构 529 设置于相邻两个所述第一磁场增强组件 10 之间。每个所述第二导电结构 529 的两端分别与相邻两个所述第一磁场增强组件 10 的第三电极层 130 和所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分连接。可以理解为，一个所述第二导电结构 529 的一端与一个所述第一磁场增强组件 10 的第三电极层 130 连接。一个所述第二导电结构 529 的另一端与相邻所述第一磁场增强组件 10 的第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分连接。

在所述第二端 104 一侧，通过所述多个第二导电结构 529 将所述多个第一磁场增强组件 10 依次连接。感应电流会依次经过所述第三电极层 130、所述第二谐振电容 921 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分、所述第二导电结构 529、相邻的第一磁场增强组件 10 的第三电极层 130、所述第二谐振电容 921 的两端、所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分、所述第二导电结构 529。依次类推，当等效成电路图时，通过多个第二导电结构 529 将所述多个第二谐振电容 921 逐个依次串联连接。

在一个实施例中，所述第一导电结构 519 和所述第二导电结构 529 具有导电功能。所述第一导电结构 519 和所述第二导电结构 529 的材料可以为金、银、铜等金属材料制成。

请参见图 7，在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括第五二极管 461、第六二极管 462 以及第五外接电容 445。所述第五二极管 461 的阳极与所述第二电极层 120 电连接。所述第六二极管 462 的阴极与所述第二电极层 120 电连接。所述第五外接电容 445 的一端与

位于所述第一电容区 11 的所述第一电极层 110 电连接, 所述第五外接电容 445 的另一端分别与所述第五二极管 461 的阴极和所述第六二极管 462 的阳极电连接。

在 MRI 系统中, 需要在射频接收阶段增强人体反馈信号的磁场强度。在 MRI 系统的射频发射阶段, 发射阶段的磁场能量是接收阶段的磁场能量的 1000 倍以上。MRI 系统的射频发射阶段感应电压在几十伏到几百伏之间。MRI 系统的射频接收阶段感应电压小于 1V。

所述第五二极管 461 和所述第六二极管 462 反向并联连接。在 MRI 系统的射频发射阶段, 射频线圈发射射频发射信号, 磁场的场强较大。所述第一磁场增强组件 10 产生的感应电压较大。加载在所述第五二极管 461 和所述第六二极管 462 两端的电压正反交替。加载的电压超过所述第五二极管 461 和所述第六二极管 462 的开启电压, 所述第五二极管 461 和所述第六二极管 462 导通。所述第五外接电容 445 与所述第一谐振电容 911 并联, 发生并联谐振, 使得所在电路处于高阻状态。MRI 系统的射频发射阶段, 相邻两个所述第一磁场增强组件 10 之间几乎没有电流流通。所述第一谐振电容 911 分别与相邻两个所述第一磁场增强组件 10 断开连接, 没有电流通过, 处于失谐状态。所述磁场增强装置 20 产生的磁场减弱, 进而减小所述磁场增强装置 20 对 MRI 系统的射频发射阶段磁场的影响, 从而减小检测图像的伪影, 提高检测图像的清晰度。

在 MRI 系统的射频接收阶段, 检测部位发射反馈信号, 磁场的场强较小。所述第一磁场增强组件 10 产生的感应电压较小。加载的电压不能达到所述第五二极管 461 和所述第六二极管 462 的开启电压, 所述第五二极管 461 和所述第六二极管 462 不导通。所述第一谐振电容 911 分别与相邻两个所述第一磁场增强组件 10 电连接, 有电流通过。所述磁场增强装置 20 处于谐振状态, 起到增强磁场的作用。

在一个实施例中, 所述磁场增强装置 20 还包括第六外接电容 4451、第一外接二极管 4611 以及第二外接二极管 4622。所述第六外接电容 4451、所述第一外接二极管 4611 以及所述第二外接二极管 4622 分别和所述第二谐振电容 921 的连接关系, 与所述第五二极管 461、所述第六二极管 462 以及所述第五外接电容 445 分别和所述第一谐振电容 911 的连接关系相同, 工作原理也相同, 可参见上述实施例中的描述。

MRI 系统的射频发射阶段, 所述第二谐振电容 921 分别与相邻两个所述第一磁场增强组件 10 断开连接, 没有电流通过, 处于失谐状态。所述磁场增强装置 20 产生的磁场减弱, 进而减小所述磁场增强装置 20 对射频发射阶段磁场的影响, 从而减小检测图像的伪影, 提高检测图像的清晰度。在 MRI 系统的射频接收阶段, 所述第二谐振电容 921 分别与相邻两个所述第一磁场增强组件 10 电连接, 有电流通过。所述磁场增强装置 20 处于谐振状态, 起到增强磁场的作用。

请参见图 8, 在一个实施例中, 所述磁场增强装置 20 还包括第一耗尽型 MOS 管 231 与第二耗尽型 MOS 管 232。所述第一耗尽型 MOS 管 231 的源极与位于所述第一电容区 11 的所

述第一电极层 110 电连接, 所述第一耗尽型 MOS 管 231 的栅极和漏极电连接。所述第二耗尽型 MOS 管 232 的栅极和漏极电连接。所述第二耗尽型 MOS 管 232 的栅极和漏极与所述第一耗尽型 MOS 管 231 的栅极和漏极电连接。所述第一谐振电容 911 的一端与所述第二耗尽型 MOS 管 232 的源极电连接。所述第一谐振电容 911 的另一端与所述第二电极层 120 电连接。

所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 反向串联连接, 能够控制所述第一电极层 110 与所述第二电极层 120 在 MRI 系统的射频发射阶段断开, 且在射频接收阶段连接。通过所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 反向串联连接, 可以适应于 MRI 系统中的交流环境。所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 反向串联连接, 能够确保在射频发射阶段的所述第一耗尽型 MOS 管 231 和所述第二耗尽型 MOS 管 232 中有一个发生截止, 使得所述第一谐振电容 911 所在电路处于断路, 并没有与所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 电连接。

所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 具有低压导通, 高压截止的特性。并且, 所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232, 在室温下的夹断电压在 1V 左右, 断开时间和恢复时间都在纳秒量级。MRI 系统中射频发射阶段和射频接收阶段在时间顺序上有几十毫秒到几千毫秒的差别, 可以快速实现所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 的导通和断开。射频发射阶段和射频接收阶段的射频功率相差 3 个数量级。射频发射阶段线圈中的感应电压在几 V 到几百 V 之间, 具体数值与所选的序列和翻转角有关。

在 MRI 系统的射频发射阶段, 感应电压较大, 所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 处于断开状态。所述第一谐振电容 911 所在电路处于断路, 并没有与所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 电连接。所述磁场增强装置 20 处于失谐状态。所述磁场增强装置 20 中不存在电流, 不产生会干扰射频的感应磁场。在 MRI 系统的射频接收阶段, 所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 导通。所述第一谐振电容 911 所在电路处于导通状态, 两端分别与所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 电连接。所述磁场增强装置 20 能够呈现谐振状态, 大幅度增强信号场, 增强图像信噪比。

在一个实施例中, 所述磁场增强装置 20 还包括第三耗尽型 MOS 管 2311 与第四耗尽型 MOS 管 2321。所述第三耗尽型 MOS 管 2311 的源极与位于所述第二电容区 12 的所述第一电极层 110 电连接。所述第三耗尽型 MOS 管 2311 的栅极和漏极电连接。所述第四耗尽型 MOS 管 2321 的栅极和漏极电连接。所述第四耗尽型 MOS 管 2321 的栅极和漏极与所述第三耗尽型 MOS 管 2311 的栅极和漏极电连接。所述第二谐振电容 921 的一端与所述第四耗尽型 MOS 管 2321 的源极电连接。所述第二谐振电容 921 的另一端与所述第三电极层 130 电连接。

所述第三耗尽型 MOS 管 2311、所述第四耗尽型 MOS 管 2321 以及所述第二谐振电容 921 的连接关系, 和所述第一耗尽型 MOS 管 231 与所述第二耗尽型 MOS 管 232 以及第一谐振电

容 911 的连接关系相同，其工作原理也相同，具体可参见上述实施例。

通过所述第三耗尽型 MOS 管 2311、所述第四耗尽型 MOS 管 2321、所述第二谐振电容 921 的连接关系、所述第一耗尽型 MOS 管 231、所述第二耗尽型 MOS 管 232 以及第一谐振电容 911 形成了对称结构，可以进一步使得磁场更加均匀对称，有利于 MRI 系统成像。

在一个实施例中，所述第三电极层 130 与所述第二电极层 120 不共线。所述第三电极层 130 与所述第二电极层 120 分别设置于所述第一表面 101 的几何对角线上。

请参见图 9，在一个实施例中，本申请提供一种磁场增强装置 20。所述磁场增强装置 20 包括多个第二磁场增强组件 30。每个所述第二磁场增强组件 30 包括第一电介质层 100、第一电极层 110。

图 9 的实施例中，所述第一电极层 110 设置于所述第一表面 101。第一电极层 110 由所述第一端 103 延伸至所述第二端 104。第一电极层 110 覆盖所述第一表面 101。每个所述第二磁场增强组件 30 由所述第一端 103 至所述第二端 104 延伸。与图 1 实施例相比，图 9 的实施例中的所述第二磁场增强组件 30 中，所述第一电极层 110 覆盖所述第一表面 101，不包括所述第二电极层 120 与所述第三电极层 130。

请参见图 10，所述多个第二磁场增强组件 30 间隔设置。所述多个第二磁场增强组件 30 包围形成一个磁场增强空间 105。

所述磁场增强装置 20 还包括多个第一谐振电容 911 和多个第二谐振电容 921。所述多个第一谐振电容 911 靠近所述第一端 103 设置。每个所述第一谐振电容 911 设置于相邻两个所述第二磁场增强组件 30 之间。所述第一谐振电容 911 的两端分别与相邻两个所述第二磁场增强组件 30 的位于所述第一电容区 11 的所述第一电极层 110 电连接。可以理解为，所述第一谐振电容 911 的一端与一个所述第二磁场增强组件 30 的位于所述第一电容区 11 的所述第一电极层 110 电连接。所述第一谐振电容 911 的另一端与相邻的一个所述第二磁场增强组件 30 的位于所述第二电容区 12 的所述第一电极层 110 电连接。

在所述第一端 103 一侧，所述多个第二磁场增强组件 30 通过所述多个第一谐振电容 911 连接。当所述磁场增强装置 20 设置于磁场环境时，会产生感应电流。在所述第一端 103 一侧，感应电流会依次经过所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分、所述第一谐振电容 911 的两端、相邻的第二磁场增强组件 30 的所述第一电极层 110 位于所述第一电容区 11 的部分、所述第一谐振电容 911 的两端。以此类推，请参见图 4，当等效成电路图时，所述多个第一谐振电容 911 逐个依次串联连接。

所述多个第二谐振电容 921 靠近所述第二端 104 设置。每个所述第二谐振电容 921 设置于相邻两个所述第二磁场增强组件 30 之间。所述第二谐振电容 921 的两端分别与相邻两个所述第二磁场增强组件 30 的位于所述第二电容区 12 的所述第一电极层 110 电连接。可以理解为，所述第二谐振电容 921 的一端与一个所述第二磁场增强组件 30 的位于所述第二电容区

12 的所述第一电极层 110 电连接。所述第二谐振电容 921 的另一端与相邻的一个所述第二磁场增强组件 30 的位于所述第二电容区 12 的所述第一电极层 110 电连接。

在所述第二端 104 一侧，所述多个第二磁场增强组件 30 通过所述多个第二谐振电容 921 连接。当所述磁场增强装置 20 设置于磁场环境时，会产生感应电流。在所述第二端 104 一侧，感应电流会依次经过所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分、所述第二谐振电容 921 的两端、相邻所述第二磁场增强组件 30 的所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分、所述第二谐振电容 921 的两端。以此类推，请参见图 4，当等效成电路图时，所述多个第二谐振电容 921 逐个依次串联连接。

第一电极层 110 覆盖所述第一表面 101，没有形成平行板电容器。当所述多个第二磁场增强组件 30 连接，并位于磁场环境中时，所述多个第一谐振电容 911 逐个依次串联连接。所述多个第二谐振电容 921 逐个依次串联连接。

由于电容与频率成反比，在高场或者超高场 MRI 系统（3T 及其以上）时，频率较大，会使得多个传统磁场增强组件连接形成的增强装置的等效电容需要偏小。然而，所述多个第一谐振电容 911 串联连接会使得所述多个第一谐振电容 911 形成的等效电容变小。所述多个第二谐振电容 921 串联连接会使得所述多个第二谐振电容 921 形成的等效电容变小。串联连接等效之后的电容变小，可以使得串联连接等效之前的所述第一谐振电容 911 与所述第二谐振电容 921 采用大电容值。当将所述磁场增强装置 20 的谐振频率中的电容值分配给所述多个第一谐振电容 911 和所述多个第二谐振电容 921 时，所述多个第一谐振电容 911 和所述多个第二谐振电容 921 的电容值可以采用大电容值，避免了采用过小电容值的电容器。采用大电容值的电容器使得所述磁场增强装置 20 的谐振频率波动较小，提高了谐振频率的稳定性，更加适合用于高场 MRI 系统。

请参见图 11，在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括多个第三导电结构 539 与多个第四导电结构 549。所述多个第三导电结构 539 靠近所述第一端 103 设置。所述多个第四导电结构 549 靠近所述第二端 104 设置。

在一个实施例中，所述第三导电结构 539 和所述第四导电结构 549 具有导电功能。所述第三导电结构 539 和所述第四导电结构 549 的材料可以为金、银、铜等金属材料制成。

请参见图 12，每个所述第三导电结构 539 设置于每个所述第一电极层 110 远离所述第一电介质层 100 的表面。一个所述第三导电结构 539 与一个所述第二磁场增强组件 30 对应设置。每个所述第一谐振电容 911 的两端分别与相邻两个所述第三导电结构 539 电连接。可以理解为，一个所述第一谐振电容 911 的一端与一个所述第三导电结构 539 电连接。一个所述第一谐振电容 911 的另一端与相邻的一个所述第三导电结构 539 电连接。当等效成电路图时，通过所述多个第三导电结构 539 将所述多个第一谐振电容 911 依次串联连接。

每个所述第四导电结构 549 设置于每个所述第一电极层 110 远离所述第一电介质层 100

的表面。一个所述第四导电结构 549 与一个所述第二磁场增强组件 30 对应设置。每个所述第二谐振电容 921 的两端分别与相邻两个所述第四导电结构 549 电连接。可以理解为，一个所述第二谐振电容 921 的一端与一个所述第四导电结构 549 电连接。一个所述第二谐振电容 921 的另一端与相邻的一个所述第四导电结构 549 电连接。当等效成电路图时，通过所述多个第四导电结构 549 将所述多个第二谐振电容 921 依次串联连接。

请参见图 13，在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括第一电感 241、第三二极管 213 以及第四二极管 214。所述第一电感 241 的一端与所述第一谐振电容 911 的一端电连接。所述第三二极管 213 的阳极与所述第一谐振电容 911 的另一端电连接。所述第三二极管 213 的阴极与所述第一电感 241 的另一端电连接。所述第四二极管 214 的阴极与所述第一谐振电容 911 的另一端电连接。所述第四二极管 214 的阳极与所述第一电感 241 的另一端电连接。

在 MRI 系统中，需要在射频接收阶段增强人体反馈信号的磁场强度。在 MRI 系统的射频发射阶段，发射阶段的磁场能量是接收阶段的磁场能量的 1000 倍以上。MRI 系统的射频发射阶段感应电压在几十伏到几百伏之间。MRI 系统的射频接收阶段感应电压小于 1V。

所述第三二极管 213 和所述第四二极管 214 反向并联连接。在射频发射阶段，射频线圈发射射频发射信号，磁场的场强较大。所述第二磁场增强组件 30 产生的感应电压较大。加载在所述第三二极管 213 和所述第四二极管 214 两端的电压正反交替。加载的电压超过所述第三二极管 213 和所述第四二极管 214 的开启电压，所述第三二极管 213 和所述第四二极管 214 导通。所述第三电容 223 与所述第一电感 241 并联，使得所述第一谐振电容 911、所述第三二极管 213、所述第四二极管 214 以及所述第一电感 241 形成的电路处于高阻状态。MRI 系统的射频发射阶段，相邻两个所述第二磁场增强组件 30 之间几乎没有电流流通。所述第一谐振电容 911 分别与相邻两个所述第二磁场增强组件 30 的所述第一电极层 110 断开连接，几乎没有电流通过。所述磁场增强装置 20 产生的磁场减弱，进而减小所述磁场增强装置 20 对射频发射阶段磁场的影响，从而减小检测图像的伪影，提高检测图像的清晰度。

在 MRI 系统的射频接收阶段，检测部位发射反馈信号，磁场的场强较小。所述第二磁场增强组件 30 产生的感应电压较小。加载的电压不能达到所述第三二极管 213 和所述第四二极管 214 的开启电压，所述第三二极管 213 和所述第四二极管 214 不导通。所述第一谐振电容 911 分别与相邻两个所述第二磁场增强组件 30 的所述第一电极层 110 电连接，有电流通过。所述磁场增强装置 20 处于谐振状态，起到增强磁场的作用。

在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括第七二极管 2131、第八二极管 2141 以及第二电感 2411。所述第七二极管 2131、所述第八二极管 2141 以及所述第二电感 2411 分别和所述第二谐振电容 921 的连接关系，与所述第一电感 241、所述第三二极管 213 以及所述第四二极管 214 分别和所述第一谐振电容 911 的连接关系相同，工作原理也相同，可参考上述实施例的描述。在 MRI 系统的射频发生阶段，所述第二谐振电容 921 分别与相邻两个所述第

二磁场增强组件 30 的所述第一电极层 110 断开连接,没有电流通过,处于失谐状态。在 MRI 系统的射频接收阶段,所述第二谐振电容 921 分别与相邻两个所述第二磁场增强组件 30 的所述第一电极层 110 电连接,有电流通过。所述磁场增强装置 20 处于谐振状态,起到增强磁场的作用。

请参见图 14,在一个实施例中,本申请提供一种磁场增强装置 20。所述磁场增强装置 20 包括多个第三磁场增强组件 40。每个所述第三磁场增强组件 40 包括第一电介质层 100、第一电极层 110、第二电极层 120 以及第四电极层 140。所述第一电介质层 100 具有相对设置的第一表面 101 和第二表面 102。

所述第一电极层 110 设置于所述第一表面 101,由所述第一端 103 延伸至所述第二端 104,并覆盖所述第一表面 101。

所述第二电极层 120 设置于所述第二表面 102。所述第二电极层 120 位于所述第二电容区 12。所述第二电极层 120 在所述第一电介质层 100 的正投影位于所述第一电极层 110 在所述第一电介质层 100 的正投影中,形成第二结构电容 152。

所述第四电极层 140 设置于所述第二表面 102。所述第四电极层 140 与所述第二电极层 120 间隔设置。所述第四电极层 140 位于所述第一电容区 11。所述第四电极层 140 在所述第一电介质层 100 的正投影位于所述第一电极层 110 在所述第一电介质层 100 的正投影中,形成第一结构电容 151。与图 1 实施例相比,图 14 的实施例中,所述第一电极层 110 覆盖所述第一表面 101。所述第二电极层 120 与所述第四电极层 140 间隔设置于所述第二表面 102。

每个所述第三磁场增强组件 40 由所述第一端 103 至所述第二端 104 延伸。所述多个第三磁场增强组件 40 间隔设置,并包围形成一个磁场增强空间 105。

请参见图 15,在所述第一电容区 11 中,相邻两个所述第三磁场增强组件 40 的所述第一电极层 110 与所述第四电极层 140 连接。

当所述磁场增强装置 20 设置于磁场环境时,会产生感应电流。在所述第一端 103 一侧,通过所述第一电极层 110 与所述第四电极层 140 连接,将相邻两个所述第一结构电容 151 连接。感应电流会依次逐个经过所述第一结构电容 151。当等效成电路图时,所述多个第一结构电容 151 逐个依次串联连接。

请参见图 16,在所述第二电容区 12 中,相邻两个所述第三磁场增强组件 40 的所述第一电极层 110 与所述第二电极层 120 连接。

当所述磁场增强装置 20 设置于磁场环境时,会产生感应电流。在所述第二端 104 一侧,通过所述第一电极层 110 与所述第二电极层 120 连接,将相邻两个所述第二结构电容 152 连接。感应电流会依次逐个经过所述第二结构电容 152。当等效成电路图时,所述多个第二结构电容 152 逐个依次串联连接。

当所述多个第三磁场增强组件 40 连接,并位于磁场环境中时,所述多个第一结构电容

151 逐个依次串联连接。所述多个第二结构电容 152 逐个依次串联连接。当高场或者超高场 MRI 系统（3T 及其以上）的工作频率和所述磁场增强装置 20 的谐振频率相同时，所述磁场增强装置 20 可以对磁场进行增强。

由于电容与频率成反比，在高场或者超高场 MRI 系统（3T 及其以上）时，频率较大，会使得多个传统磁场增强组件连接形成的增强装置的等效电容需要偏小。然而，所述多个第一结构电容 151 逐个依次串联连接，会使得所述多个第一结构电容 151 形成的等效电容变小。所述多个第二结构电容 152 逐个依次串联连接，会使得所述多个第二结构电容 152 形成的等效电容变小。串联连接等效之后的电容变小，可以使得串联连接等效之前的所述多个第二结构电容 152 和所述多个第一结构电容 151 形成较大电容值的结构。采用大电容值的所述第二结构电容 152 和所述第一结构电容 151，使得所述磁场增强装置 20 的谐振频率波动较小，提高了谐振频率的稳定性，更加适合用于高场 MRI 系统。

在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括多个第五导电结构 559 和多个第六导电结构 569。通过所述多个第五导电结构 559 将所述多个第一结构电容 151 依次串联连接。通过所述多个第六导电结构 569 将所述多个第二结构电容 152 依次串联连接。所述多个第五导电结构 559 和所述多个第六导电结构 569 具有导电功能。所述多个第五导电结构 559 和所述多个第六导电结构 569 的材料可以为金、银、铜等金属材料制成。

请参见图 17，在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括第一外接电容 440、第一二极管 431 以及第二二极管 432。所述第一外接电容 440 的两端分别与所述第二电极层 120 和所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分电连接。所述第一二极管 431 的阳极与所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分电连接。所述第一二极管 431 的阴极与所述第二电极层 120 电连接。所述第二二极管 432 的阴极与所述第一电极层 110 位于所述第二电容区 12 的部分电连接。所述第二二极管 432 的阳极与所述第二电极层 120 电连接。

可以理解，所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 的导通电压可以在 0 伏到 1 伏。在一个实施例中，所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 的导通电压可以为 0.8V。在所述第二电容区 12 中，所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 分别串联在所述第一电极层 110 和所述第二电极层 120 之间。所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 反接。

由于 MRI 系统的射频交流特性。所述第一电极层 110 和所述第二电极层 120 产生的感应电压也是交流电压。在 MRI 系统的射频发射阶段，由于所述第一电极层 110 和所述第二电极层 120 之间的电压差已经超过所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 的导通电压。因此，无论所述第一电极层 110 和所述第二电极层 120 哪个的电压高，所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 总有一个处于导通状态。因此，将所述第一电极层 110 和所述第二电极层 120 电连接。所述第二结构电容 302 被短路。所述磁场增强装置 20 处于失谐状态。

而在 MRI 系统的射频接收阶段，由于所述第一电极层 110 和所述第二电极层 120 之间的

电压差小于所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 的导通电压。因此，无论所述第一电极层 110 和所述第二电极层 120 哪个的电压高，所述第一二极管 431 和所述第二二极管 432 均处于不导通的状态。所述磁场增强装置 20 处于谐振状态。

在一个实施例中，在所述第一电容区 11 中，所述第一电极层 110 和所述第四电极层 140 也可以分别电连接所述第一外接电容 440、所述第一二极管 431 以及所述第二二极管 432，且连接关系相同。所述磁场增强装置 20 在所述第一端 103 和所述第二端 104，形成对称结构，更有利于磁场均匀分布，提高了 MRI 系统的成像质量。

在一个实施例中，上述实施例中的元件电容可以为固定电容，也可以为调节电容。当射频线圈的频率确定后，元件电容可以选择固定电容，使得所述固定电容与其他结构电容和元件电容配合，使所述磁场增强装置 20 的谐振频率与所述射频线圈的频率相等，进而起到增强磁场的作用。当射频线圈的频率不确定时，元件电容可以采用可调电容。通过调节可调电容，调节谐振频率，以使得所述磁场增强装置 20 适用不同的工作环境。

请参见图 18 与图 19，在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 还包括筒形支撑结构 50。所述筒形支撑结构 50 具有两个间隔相对的第三端 51 和第四端 53。所述筒形支撑结构 50 具有间隔相对设置的内表面 521 和外表面 522。所述内表面 521 包围形成一个检测空间 509。

在一个实施例中，所述多个第一磁场增强组件 10 间隔设置于所述外表面 522。所述磁场增强组件 10 沿着所述第三端 51 向所述第四端 53 延伸。在一个实施例中，所述多个第二磁场增强组件 30 间隔设置于所述外表面 522。在一个实施例中，所述多个第三磁场增强组件 40 间隔设置于所述外表面 522。

所述检测空间 509 可以用于容纳检测部位。所述检测部位可以为手臂、腿、腹部等。所述多个第一磁场增强组件 10 间隔的距离相等可以提高局部磁场的均匀性。多个所述第一磁场增强组件 10 可以等间隔设置于所述筒形支撑结构 50 的外表面 522。

在一个实施例中，围绕所述筒形支撑结构 50 的外表面 522 间隔设置有多限位结构 550。在沿着所述第三端 51 到所述第四端 53 的方向，每一个所述第一磁场增强组件 10 分别对应所述第三端 51 的所述限位结构 550 和所述第四端 53 的所述限位结构 550。通过所述第三端 51 和所述第四端 53 两端的所述限位结构 550 固定一个所述第一磁场增强组件 10，进而将所述第一磁场增强组件 10 固定于所述筒形支撑结构 50 的。

在一个实施例中，所述限位结构 550 可以为通槽。所述通槽可以用于插入所述第一磁场增强组件 10。所述两个通槽分别限制所述第一磁场增强组件 10 的两端。通过所述限位结构 550 可以将所述第一磁场增强组件 10 固定于所述筒形支撑结构 50 的外表面 522。

在一个实施例中，所述磁场增强装置 20 可以包括 12 块所述第一磁场增强组件 10，围绕所述轴线 504 等间隔排列于所述筒形支撑结构 50 的外表面 522。

在一个实施例中，沿所述第一端 103 至所述第二端 104 的方向上，所述第一电极层 110

的长度为 100mm, 所述第一电极层 110 的宽度为 15mm。沿所述第一端 103 至所述第二端 104 的方向上, 所述第一导电结构 519、所述第二导电结构 529、所述第三导电结构 539、所述第四导电结构 549 的宽度为 10mm。所述磁场增强装置 20 的直径为 100mm。

请参见图 20, 在一个实施例中, 将传统结构和本申请的磁场增强装置, 应用于 7T MRI 系统中可以看出: 对于相同长度的磁场增强装置, 为了满足 7T MRI 系统的需求, 传统结构需要的电容值为 0.6pF, 远小于目前常用电容的电容值。然而, 本申请中磁场增强装置 20 需要的电容值为 6pF, 为市场常用电容值。相对于传统结构需要的电容值为 0.6pF, 当电容值增加 1pF 时, 传统结构的谐振频率降低了 75.5MHz。然而, 本申请磁场增强装置 20 的谐振频率只降低了 22.8MHz。因此, 在高频段下, 本申请磁场增强装置 20 的结构更稳定。磁场增强装置 20 具有谐振频率随电容相对缓慢的变化速率, 使得结构的调谐更容易操作, 更加适合用于高场 MRI。请参见图 21, 可以看出本申请磁场增强装置 20 在高频段下, 仍然具有高度均匀的磁场分布。

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。

以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本申请构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本申请的保护范围。因此, 本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

最后, 还需要说明的是, 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, 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。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。对所提供的实施例的上述说明, 使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的, 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, 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提供的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权利要求

1、一种磁场增强装置，其特征在于，包括：

多个磁场增强组件（10），每个所述磁场增强组件（10）包括：

第一电介质层（100），具有相对设置的第一端（103）与第二端（104），所述第一电介质层（100）还具有一个第一表面（101），由所述第一端（103）到所述第二端（104）延伸，所述第一表面（101）包括第一电容区（11）、传导区（13）和第二电容区（12），所述传导区（13）位于所述第一电容区（11）和所述第二电容区（12）之间，所述第一电容区（11）靠近所述第一端（103），所述第二电容区（12）靠近所述第二端（104）；

第一电极层（110），设置于所述第一表面（101），由所述第一端（103）延伸至所述第二端（104）；

第二电极层（120），设置于所述第一表面（101），并位于所述第一电容区（11），所述第二电极层（120）与所述第一电极层（110）位于所述第一电容区（11）的部分间隔设置；

第三电极层（130），设置于所述第一表面（101），并位于所述第二电容区（12），所述第三电极层（130）与所述第一电极层（110）位于所述第二电容区（12）的部分间隔设置；

每个所述磁场增强组件（10）由所述第一端（103）至所述第二端（104）延伸，所述多个磁场增强组件（10）间隔设置，并包围形成一个磁场增强空间（105）；

多个第一谐振电容（911），靠近所述第一端（103）设置，一个所述第一谐振电容（911）与一个所述磁场增强组件（10）对应设置，每个所述第一谐振电容（911）的一端与所述第二电极层（120）电连接，每个所述第一谐振电容（911）的另一端与所述第一电极层（110）位于所述第一电容区（11）的部分电连接，相邻两个所述磁场增强组件（10）的所述第二电极层（120）与所述第一电极层（110）位于所述第一电容区（11）的部分连接；

多个第二谐振电容（921），靠近所述第二端（104）设置，一个所述第二谐振电容（921）与一个所述磁场增强组件（10）对应设置，每个所述第二谐振电容（921）的一端与所述第三电极层（130）电连接，每个所述第二谐振电容（921）的另一端与所述第一电极层（110）位于所述第二电容区（12）的部分电连接，相邻两个所述磁场增强组件（10）的所述第三电极层（130）与所述第一电极层（110）位于所述第二电容区（12）的部分连接。

2、如权利要求1所述的磁场增强装置，其特征在于，在所述第一电容区（11）中，所述第一谐振电容（911）设置于所述第一表面（101）；

在所述第二电容区（12）中，所述第二谐振电容（921）设置于所述第一表面（101）。

3、如权利要求1所述的磁场增强装置，其特征在于，还包括：

多个第一导电结构（519），靠近所述第一端（103）设置，且每个所述第一导电结构（519）设置于相邻两个所述磁场增强组件（10）之间；

每个所述第一导电结构(519)的两端分别与相邻两个所述磁场增强组件(10)的所述第二电极层(120)和所述第一电极层(110)位于所述第一电容区(11)的部分连接;

多个第二导电结构(529),靠近所述第二端(104)设置,且每个所述第二导电结构(529)设置于相邻两个所述磁场增强组件(10)之间;

每个所述第二导电结构(529)的两端分别与相邻两个所述磁场增强组件(10)的所述第三电极层(130)和所述第一电极层(110)位于所述第二电容区(12)的部分连接。

4、如权利要求1所述的磁场增强装置,其特征在于,还包括:

第五二极管(461),所述第五二极管(461)的阳极与所述第二电极层(120)电连接;

第六二极管(462),所述第六二极管(462)的阴极与所述第二电极层(120)电连接;以及

第五外接电容(445),所述第五外接电容(445)的一端与位于所述第一电容区(11)的所述第一电极层(110)电连接,所述第五外接电容(445)的另一端分别与所述第五二极管(461)的阴极和所述第六二极管(462)的阳极电连接。

5、如权利要求4所述的磁场增强装置,其特征在于,还包括:

第一外接二极管(4611),所述第一外接二极管(4611)的阳极与位于所述第二电容区(12)的所述第一电极层(110)电连接;

第二外接二极管(4622),所述第二外接二极管(4622)的阴极与位于所述第二电容区(12)的所述第一电极层(110)电连接;

第六外接电容(4451),所述第六外接电容(4451)的一端与所述第三电极层(130)电连接,所述第六外接电容(4451)的另一端与所述第一外接二极管(4611)的阴极和所述第二外接二极管(4622)的阳极电连接。

6、如权利要求1所述的磁场增强装置,其特征在于,还包括:

第一耗尽型MOS管(231),所述第一耗尽型MOS管(231)的源极与位于所述第一电容区(11)的所述第一电极层(110)电连接,所述第一耗尽型MOS管(231)的栅极和漏极电连接;

第二耗尽型MOS管(232),所述第二耗尽型MOS管(232)的栅极和漏极电连接,并与所述第一耗尽型MOS管(231)的栅极和漏极电连接;

所述第一谐振电容(911)的一端与所述第二耗尽型MOS管(232)的源极电连接,所述第一谐振电容(911)的另一端与所述第二电极层(120)电连接。

7、如权利要求6所述的磁场增强装置,其特征在于,还包括:

第三耗尽型MOS管(2311),所述第三耗尽型MOS管(2311)的源极与位于所述第二电容区(12)的所述第一电极层(110)电连接,所述第三耗尽型MOS管(2311)的栅极和漏极电连接;

第四耗尽型MOS管(2321),所述第四耗尽型MOS管(2321)的栅极和漏极电连接,并与所述第三耗尽型MOS管(2311)的栅极和漏极电连接;

所述第二谐振电容(921)的一端与所述第四耗尽型MOS管(2321)的源极电连接,所述

第二谐振电容(921)的另一端与所述第三电极层(130)电连接。

8、如权利要求1所述的磁场增强装置，其特征在于，所述第三电极层(130)与所述第二电极层(120)分别设置于所述第一表面(101)的几何对角线上。

9、如权利要求1所述的磁场增强装置，其特征在于，所述第一谐振电容(911)与所述第二谐振电容(921)关于所述传导区(13)中的所述第一电极层(110)对称。

10、一种磁场增强装置，其特征在于，包括：

多个磁场增强组件(10)，每个所述磁场增强组件(10)包括：

第一电介质层(100)，具有相对设置的第一端(103)与第二端(104)，所述第一电介质层(100)还具有一个第一表面(101)，由所述第一端(103)到所述第二端(104)延伸，所述第一表面(101)包括第一电容区(11)、传导区(13)和第二电容区(12)，所述传导区(13)位于所述第一电容区(11)和所述第二电容区(12)之间，所述第一电容区(11)靠近所述第一端(103)，所述第二电容区(12)靠近所述第二端(104)；

第一电极层(110)，设置于所述第一表面(101)，由所述第一端(103)延伸至所述第二端(104)，并覆盖所述第一表面(101)；

每个所述磁场增强组件(10)由所述第一端(103)至所述第二端(104)延伸，所述多个磁场增强组件(10)间隔设置，并包围形成一个磁场增强空间(105)；

多个第一谐振电容(911)，靠近所述第一端(103)设置，每个所述第一谐振电容(911)设置于相邻两个所述磁场增强组件(10)之间，所述第一谐振电容(911)的两端分别与相邻两个所述磁场增强组件(10)的位于所述第一电容区(11)的所述第一电极层(110)电连接；

多个第二谐振电容(921)，靠近所述第二端(104)设置，每个所述第二谐振电容(921)设置于相邻两个所述磁场增强组件(10)之间，所述第二谐振电容(921)的两端分别与相邻两个所述磁场增强组件(10)的位于所述第二电容区(12)的所述第一电极层(110)电连接。

11、如权利要求10所述的磁场增强装置，其特征在于，还包括：

多个第三导电结构(539)，靠近所述第一端(103)设置，且每个所述第三导电结构(539)设置于每个所述第一电极层(110)远离所述第一电介质层(100)的表面；

每个所述第一谐振电容(911)的两端分别与相邻两个所述第三导电结构(539)电连接；

多个第四导电结构(549)，靠近所述第二端(104)设置，且每个所述第四导电结构(549)设置于每个所述第一电极层(110)远离所述第一电介质层(100)的表面；

每个所述第二谐振电容(921)的两端分别与相邻两个所述第四导电结构(549)电连接。

12、如权利要求10所述的磁场增强装置，其特征在于，还包括：

第一电感(241)，所述第一电感(241)的一端与所述第一谐振电容(911)的一端电连接；

第三二极管(213)，所述第三二极管(213)的阳极与所述第一谐振电容(911)的另一端电连接，所述第三二极管(213)的阴极与所述第一电感(241)的另一端电连接；

第四二极管(214),所述第四二极管(214)的阴极与所述第一谐振电容(911)的另一端电连接,所述第四二极管(214)的阳极与所述第一电感(241)的另一端电连接。

13、如权利要求12所述的磁场增强装置,其特征在于,还包括:

第二电感(2411),所述第二电感(2411)的一端与所述第二谐振电容(921)的一端电连接;

第七二极管(2131),所述第七二极管(2131)的阳极与所述第二谐振电容(921)的另一端电连接,所述第七二极管(2131)的阴极与所述第二电感(2411)的另一端电连接;

第八二极管(2141),所述第八二极管(2141)的阴极与所述第二谐振电容(921)的一端电连接,所述第八二极管(2141)的阳极与所述第二电感(2411)的另一端电连接。

14、一种磁场增强装置,其特征在于,包括:

多个磁场增强组件(10),每个所述磁场增强组件(10)包括:

第一电介质层(100),具有相对设置的第一端(103)与第二端(104),所述第一电介质层(100)具有相对设置的第一表面(101)和第二表面(102),由所述第一端(103)到所述第二端(104)延伸,所述第一表面(101)包括第一电容区(11)、传导区(13)和第二电容区(12),所述传导区(13)位于所述第一电容区(11)和所述第二电容区(12)之间,所述第一电容区(11)靠近所述第一端(103),所述第二电容区(12)靠近所述第二端(104);

第一电极层(110),设置于所述第一表面(101),由所述第一端(103)延伸至所述第二端(104),并覆盖所述第一表面(101);

第二电极层(120),设置于所述第二表面(102),并位于所述第二电容区(12),所述第二电极层(120)在所述第一电介质层(100)的正投影位于所述第一电极层(110)在所述第一电介质层(100)的正投影中,形成第二结构电容(152);

第四电极层(140),设置于所述第二表面(102),并与所述第二电极层(120)间隔设置,且位于所述第一电容区(11),所述第四电极层(140)在所述第一电介质层(100)的正投影位于所述第一电极层(110)在所述第一电介质层(100)的正投影中,形成第一结构电容(151);

每个所述磁场增强组件(10)由所述第一端(103)至所述第二端(104)延伸,所述多个磁场增强组件(10)间隔设置,并包围形成一个磁场增强空间(105);

在所述第一电容区(11)中,相邻两个所述磁场增强组件(10)的所述第一电极层(110)与所述第四电极层(140)连接;

在所述第二电容区(12)中,相邻两个所述磁场增强组件(10)的所述第一电极层(110)与所述第二电极层(120)连接。

15、如权利要求14所述的磁场增强装置,其特征在于,还包括:

第一外接电容(440),所述第一外接电容(440)的两端分别与所述第二电极层(120)和所述第一电极层(110)位于所述第二电容区(12)的部分电连接;

第一二极管(431),所述第一二极管(431)的阳极与所述第一电极层(110)位于所述第二电

容区 (12) 的部分电连接, 所述第一二极管 (431) 的阴极与所述第二电极层 (120) 电连接;

第二二极管 (432), 所述第二二极管 (432) 的阴极与所述第一电极层 (110) 位于所述第二电容量区 (12) 的部分电连接, 所述第二二极管 (432) 的阳极与所述第二电极层 (120) 电连接。

16、如权利要求 14 所述的磁场增强装置, 其特征在于, 还包括:

多个第五导电结构 (559), 所述多个第五导电结构 (559) 将所述多个第一结构电容 (151) 依次串联连接;

多个第六导电结构 (569), 所述多个第六导电结构 (569) 将所述多个第二结构电容 (152) 依次串联连接。

17、如权利要求 14 所述的磁场增强装置, 其特征在于, 还包括:

筒形支撑结构 (50), 具有两个间隔相对的第三端 (51) 与第四端 (53);

所述磁场增强组件 (10) 沿着所述第三端 (51) 向所述第四端 (53) 延伸。

18、如权利要求 17 所述的磁场增强装置, 其特征在于, 所述筒形支撑结构 (50) 具有间隔相对设置的内表面 (521) 与外表面 (522);

所述多个磁场增强组件 (10) 间隔设置于所述外表面 (522)。

19、如权利要求 18 所述的磁场增强装置, 其特征在于, 还包括:

多个限位结构 (550), 设置于所述外表面 (522), 且分别设置于所述第三端 (51) 与所述第四端 (53);

沿着所述第三端 (51) 到所述第四端 (53) 的方向, 每一个所述磁场增强组件 (10) 分别对应所述第三端 (51) 的所述限位结构 (550) 和所述第四端 (53) 的所述限位结构 (550)。

20、如权利要求 19 所述的磁场增强装置, 其特征在于, 所述限位结构 (550) 为通槽。

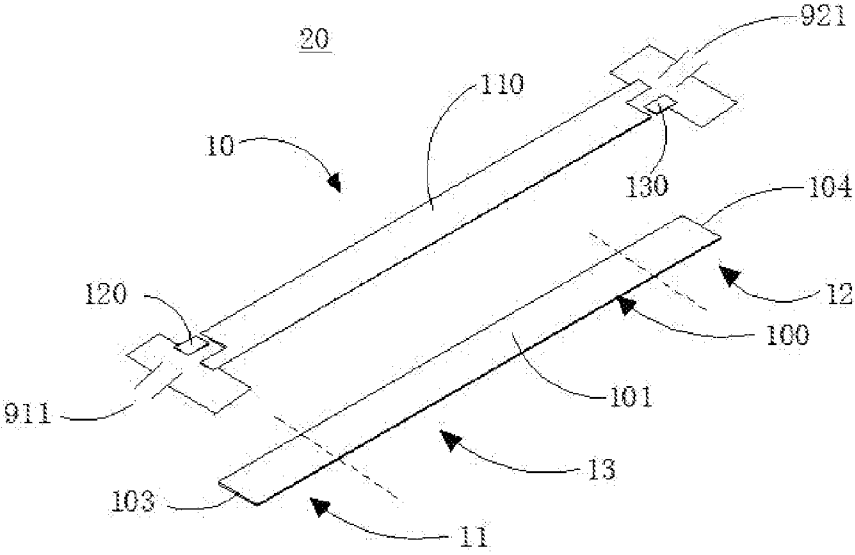


图 1

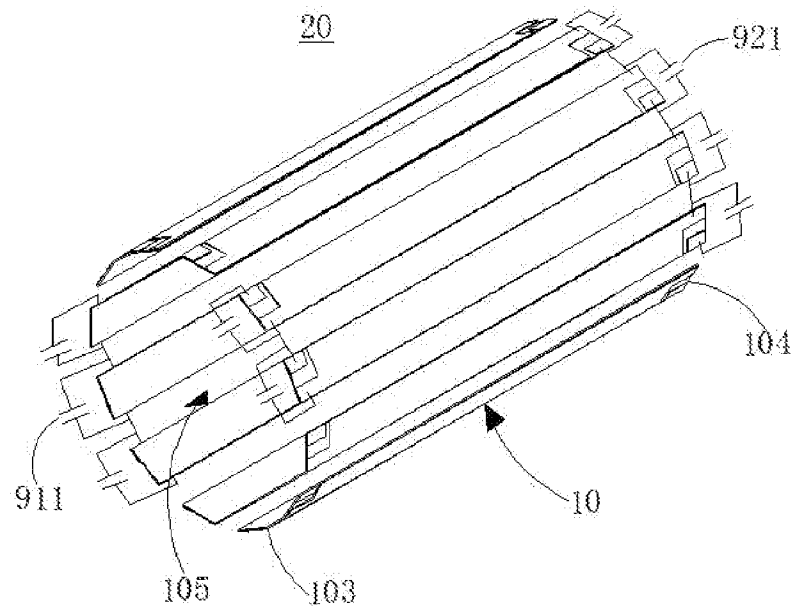


图 2

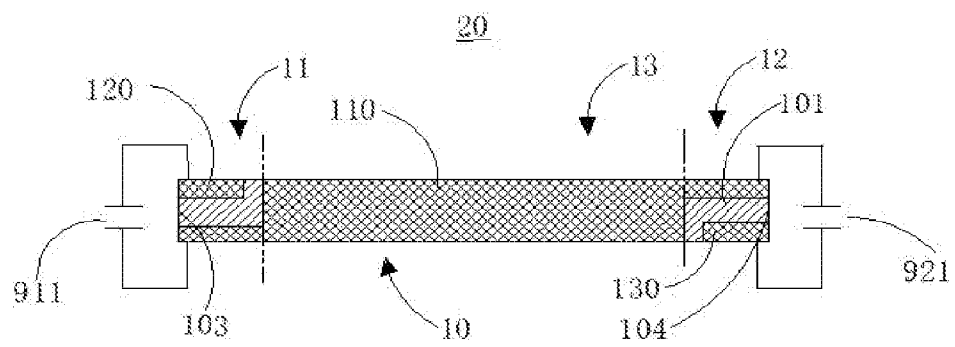


图 3

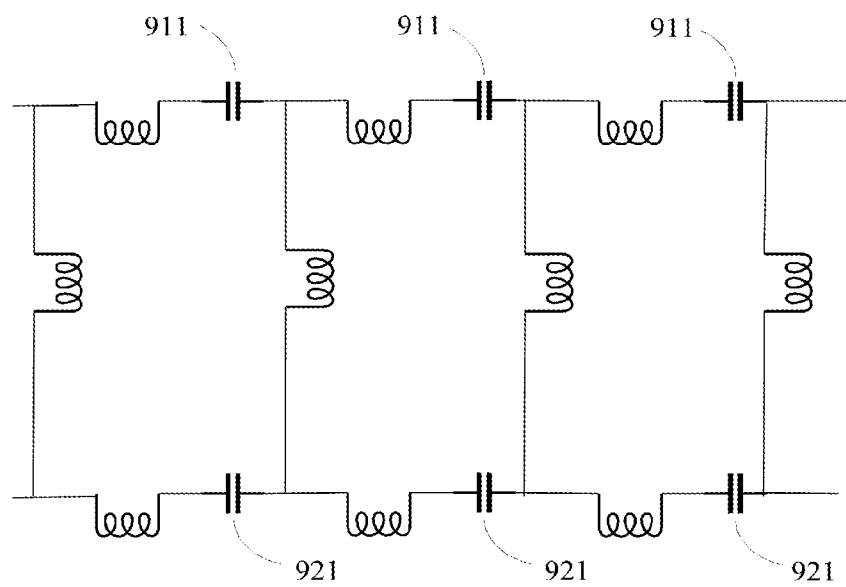


图 4

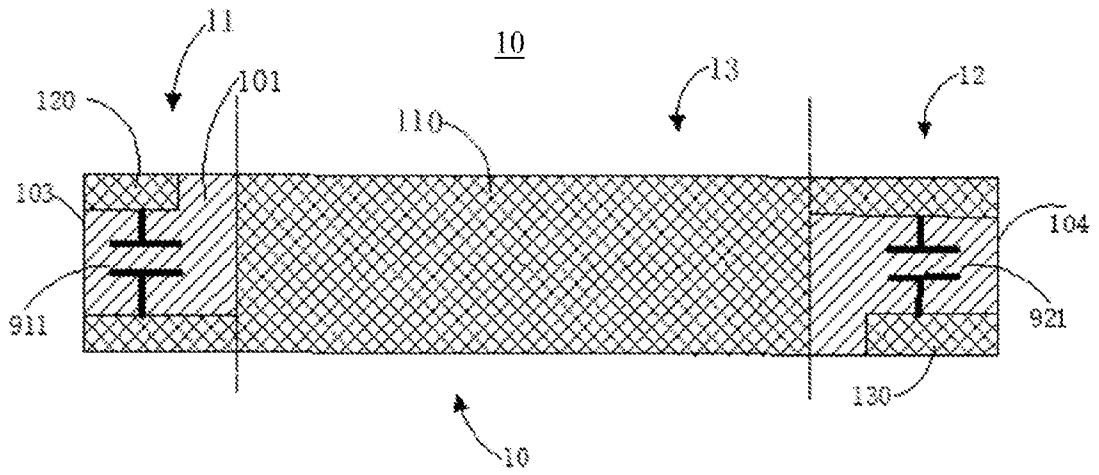


图 5

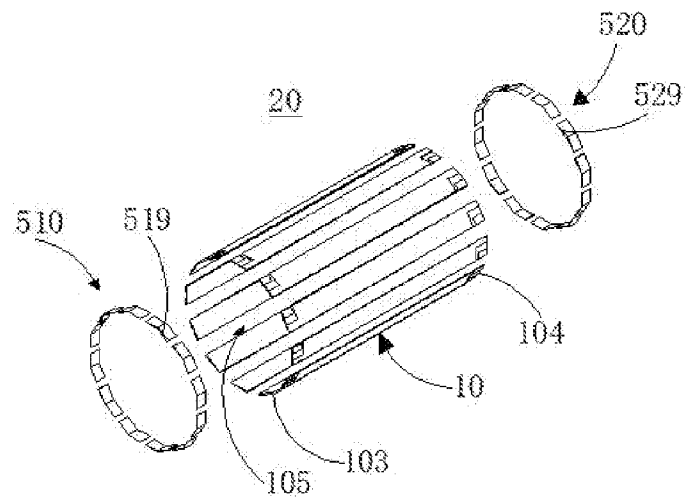


图 6

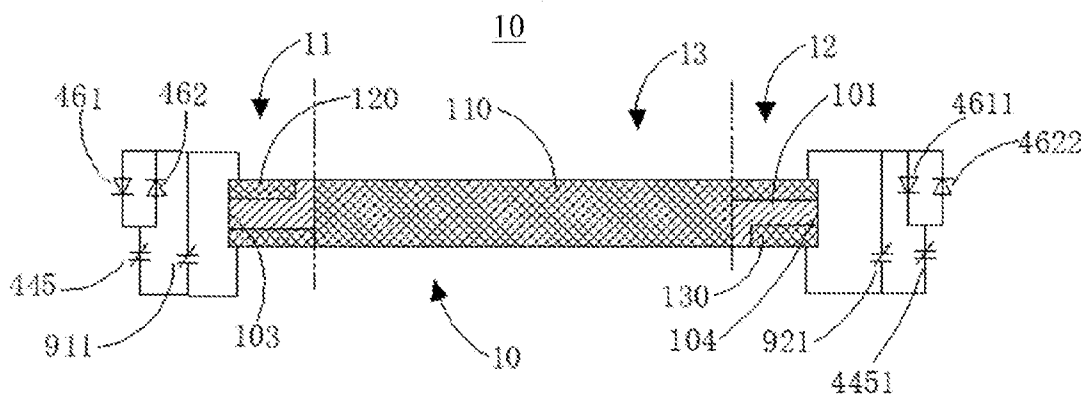


图 7

4/8

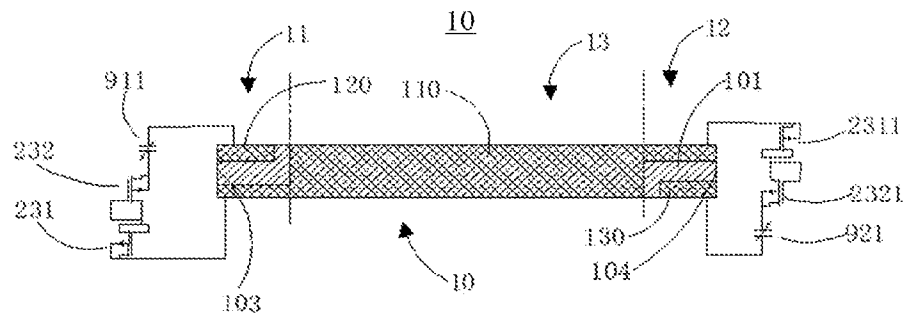


图 8

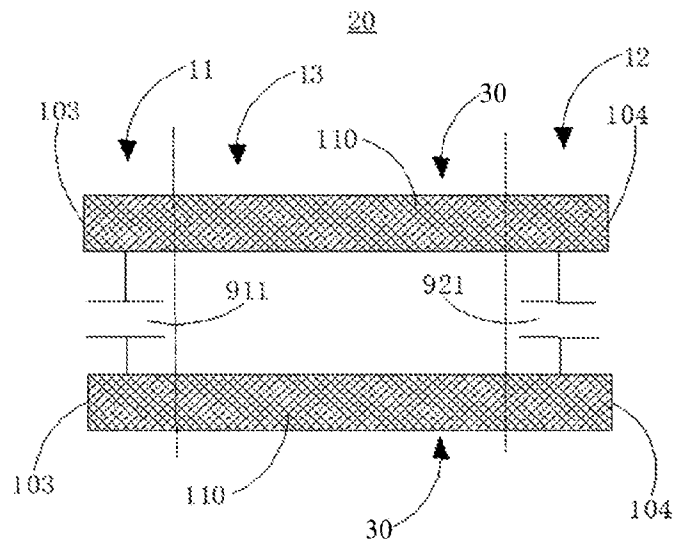


图 9

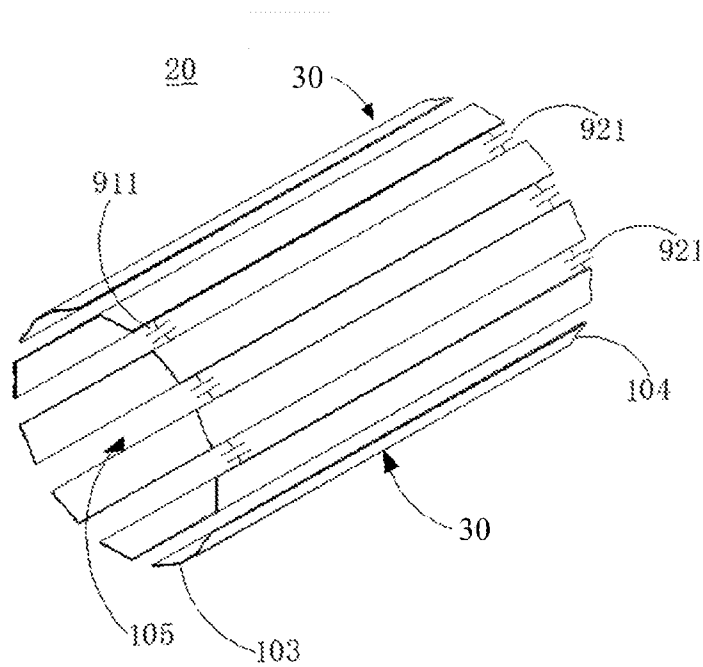


图 10

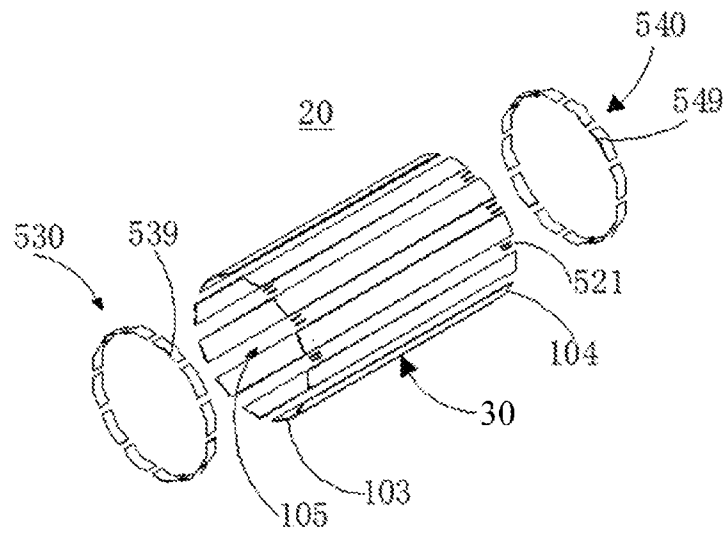


图 11

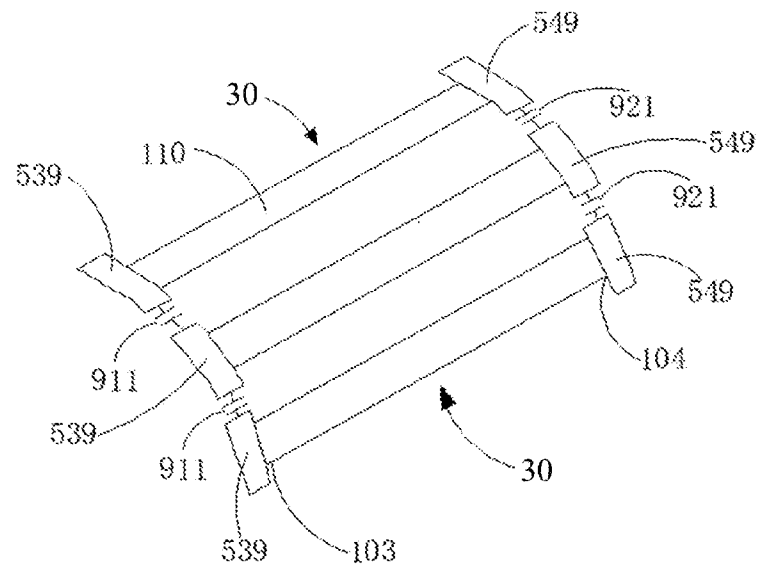


图 12

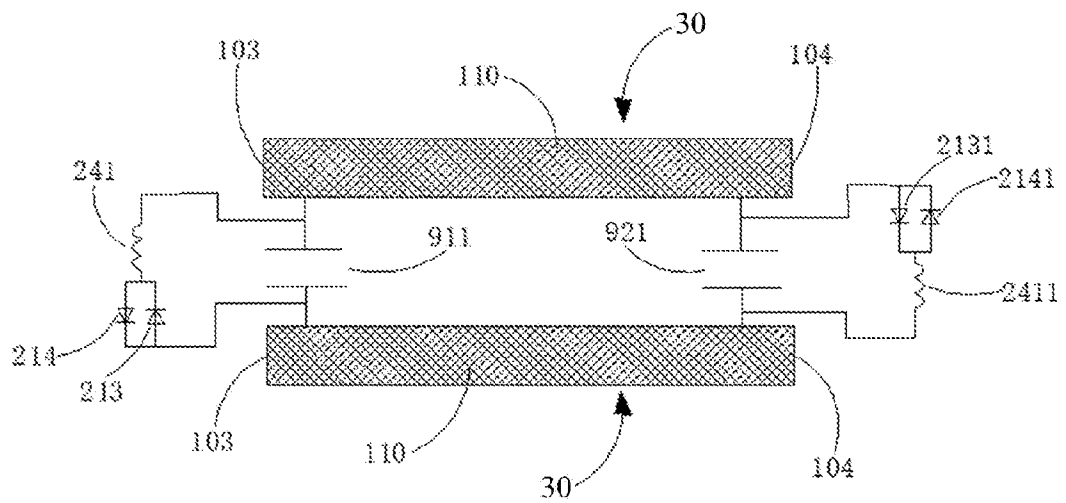


图 13

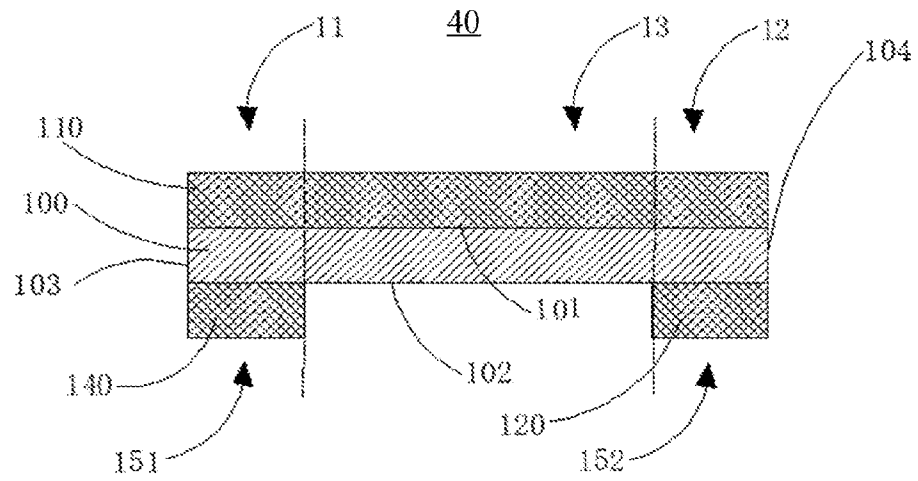


图 14

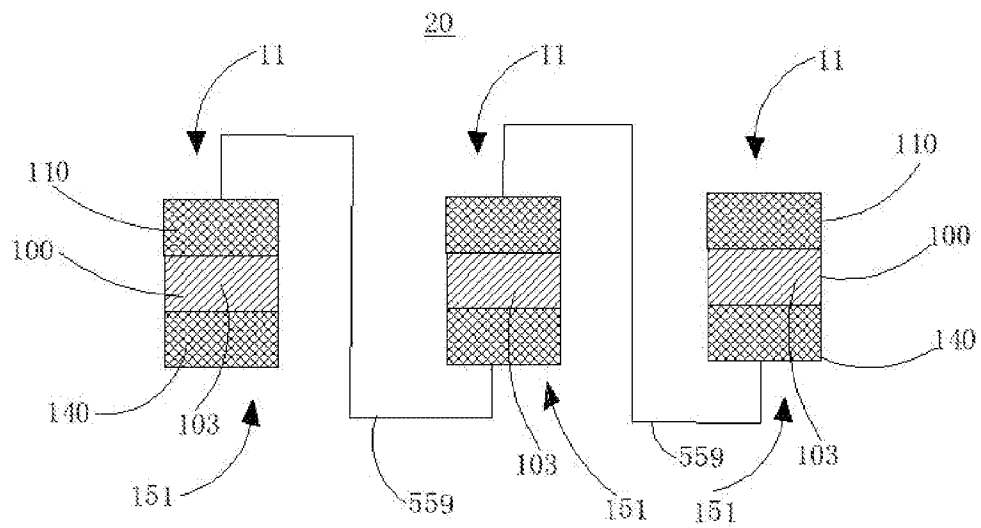


图 15

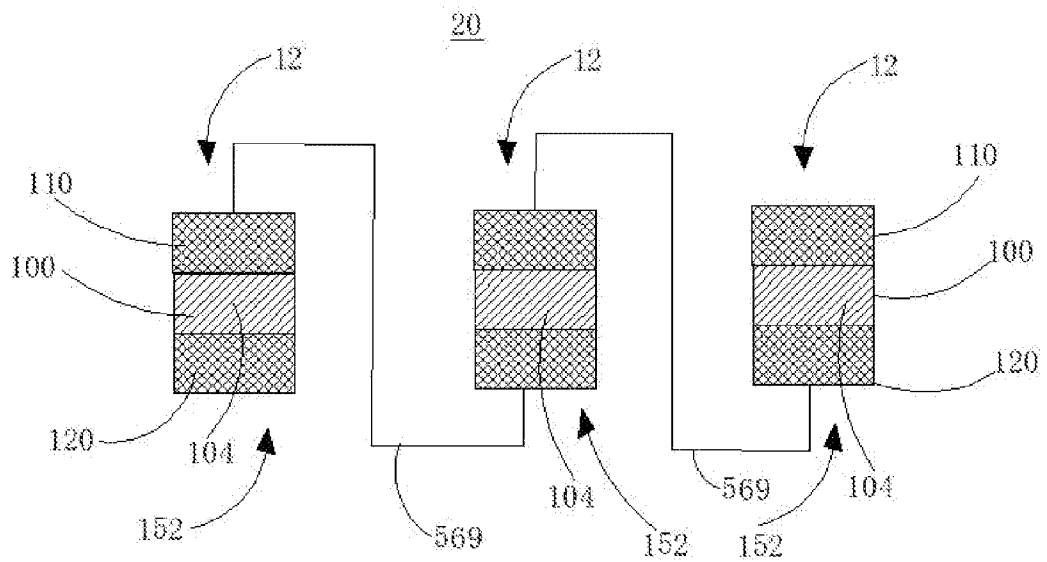


图 16

7/8

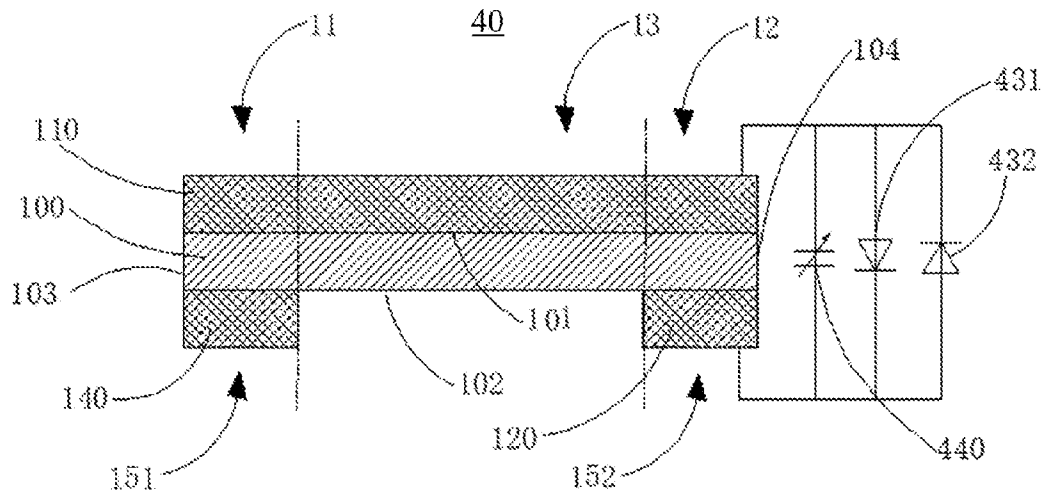


图 17

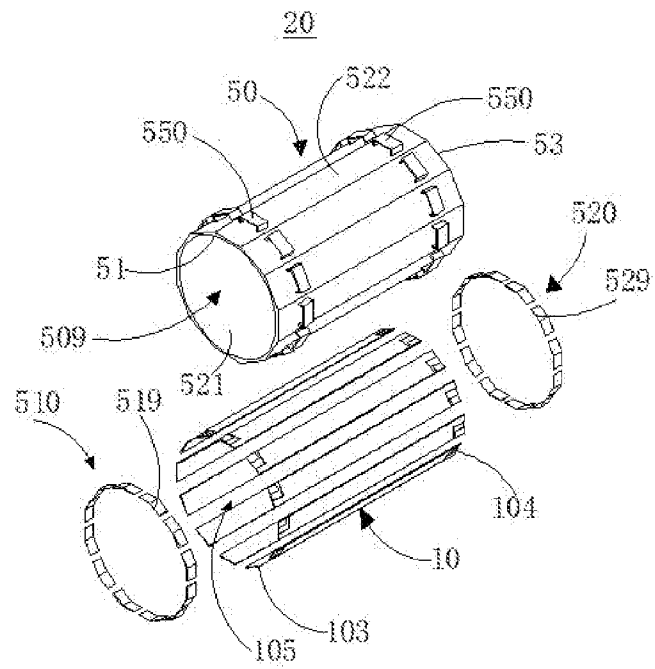


图 18

8/8

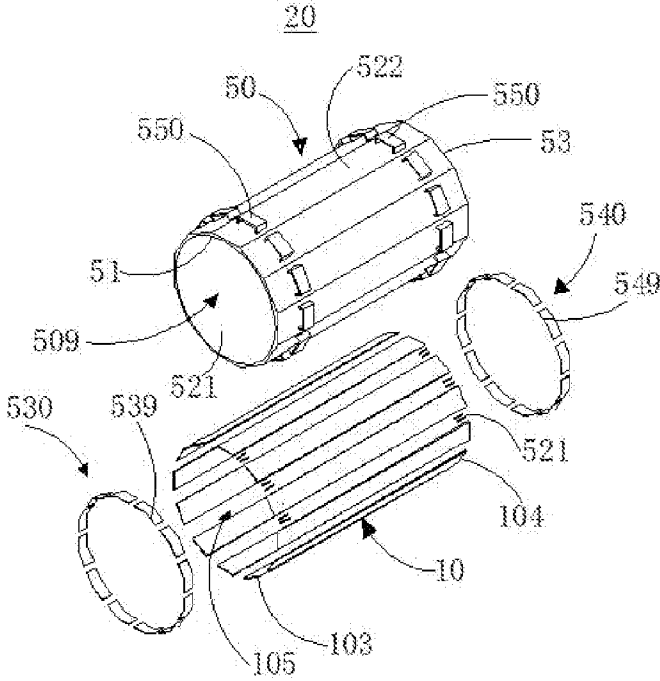


图 19

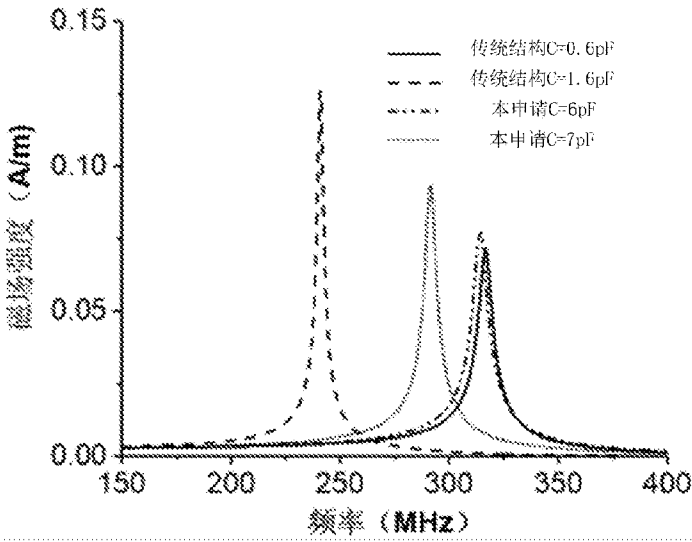


图 20

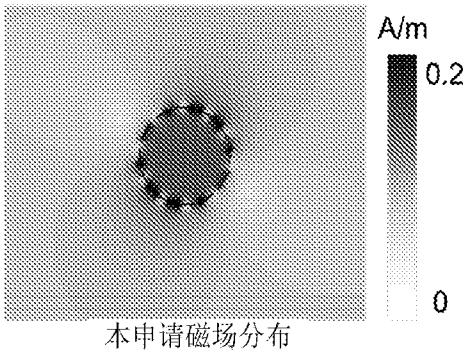


图 21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/113664

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 33/38(2006.01)i; A61B 5/055(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R33/-, A61B5/055

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: 清华大学, 北京清华长庚医院, 赵乾, 池中海, 郑卓肇, 孟永钢, 周济, 磁场, 增强, 超构, 鸟笼, 核磁共振, 电极, 串联, 调谐, 谐振, 电介质, MRI, magnetic, superstructure, cage, resonance, electrode, serially, series

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 110638453 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 03 January 2020 (2020-01-03) description, paragraphs [0047]-[0049] and figure 2	10-20
Y	CN 106980097 A (SHENZHEN RF TECH CO., LTD.) 25 July 2017 (2017-07-25) description paragraph [0038] and figures 1-4	10-20
A	CN 103809138 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 21 May 2014 (2014-05-21) entire document	1-20
A	CN 109490803 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 19 March 2019 (2019-03-19) entire document	1-20
A	CN 106291545 A (PEKING UNIVERSITY) 04 January 2017 (2017-01-04) entire document	1-20
A	CN 206675527 U (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 28 November 2017 (2017-11-28) entire document	1-20
A	JP 10127601 A (YOKOGAWA MEDICAL SYSTEMS LTD.) 19 May 1998 (1998-05-19) entire document	1-20

☐ 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

“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

05 November 2021

Date of mailing of the international search report

22 November 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/113664

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110638453	A	03 January 2020	CN	110638453	B	05 February 2021
				CN	112932442	A	11 June 2021
				WO	2021051652	A1	25 March 2021
CN	106980097	A	25 July 2017	None			
CN	103809138	A	21 May 2014	US	2014125339	A1	08 May 2014
				EP	2730934	A2	14 May 2014
				US	9709645	B2	18 July 2017
				CN	103809138	B	16 June 2017
				KR	20140059575	A	16 May 2014
				KR	101424976	B1	13 August 2014
CN	109490803	A	19 March 2019	CN	109490803	B	05 June 2020
				WO	2020078101	A1	23 April 2020
CN	106291545	A	04 January 2017	CN	106291545	B	28 May 2019
CN	206675527	U	28 November 2017	None			
JP	10127601	A	19 May 1998	JP	3699219	B2	28 September 2005

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/113664

A. 主题的分类

G01R 33/38(2006.01)i; A61B 5/055(2006.01)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)

G01R33/-, A61B5/055

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, EPODOC: 清华大学, 北京清华长庚医院, 赵乾, 池中海, 郑卓肇, 孟永钢, 周济, 磁场, 增强, 超构, 鸟笼, 核磁共振, 电极, 串联, 调谐, 谐振, 电介质, MRI, magnetic, superstructure, cage, resonance, electrode, serially, series

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
Y	CN 110638453 A (清华大学) 2020年 1月 3日 (2020 - 01 - 03) 说明书第[0047]-[0049]段及图2	10-20
Y	CN 106980097 A (深圳市特深电气有限公司) 2017年 7月 25日 (2017 - 07 - 25) 说明书第[0038]段及图1-4	10-20
A	CN 103809138 A (三星电子株式会社 等) 2014年 5月 21日 (2014 - 05 - 21) 全文	1-20
A	CN 109490803 A (清华大学) 2019年 3月 19日 (2019 - 03 - 19) 全文	1-20
A	CN 106291545 A (北京大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 全文	1-20
A	CN 206675527 U (通用电气公司) 2017年 11月 28日 (2017 - 11 - 28) 全文	1-20
A	JP 10127601 A (YOKOGAWA MEDICAL SYSTEMS LTD.) 1998年 5月 19日 (1998 - 05 - 19) 全文	1-20

☐ 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

“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

2021年 11月 5日

国际检索报告邮寄日期

2021年 11月 22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

郑睿

电话号码 86-(10)-53962447

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/113664

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	110638453	A	2020年 1月 3日	CN	110638453	B	2021年 2月 5日
				CN	112932442	A	2021年 6月 11日
				WO	2021051652	A1	2021年 3月 25日
CN	106980097	A	2017年 7月 25日	无			
CN	103809138	A	2014年 5月 21日	US	2014125339	A1	2014年 5月 8日
				EP	2730934	A2	2014年 5月 14日
				US	9709645	B2	2017年 7月 18日
				CN	103809138	B	2017年 6月 16日
				KR	20140059575	A	2014年 5月 16日
				KR	101424976	B1	2014年 8月 13日
CN	109490803	A	2019年 3月 19日	CN	109490803	B	2020年 6月 5日
				WO	2020078101	A1	2020年 4月 23日
CN	106291545	A	2017年 1月 4日	CN	106291545	B	2019年 5月 28日
CN	206675527	U	2017年 11月 28日	无			
JP	10127601	A	1998年 5月 19日	JP	3699219	B2	2005年 9月 28日