



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104076304 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201410116961. 9

(22) 申请日 2014. 03. 26

(30) 优先权数据

10-2013-0032007 2013. 03. 26 KR

(71) 申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道水原市

申请人 蔚山大学校产学协力团

(72) 发明人 李周炯 俞亨锡

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

公司 11286

代理人 胡江海 王秀君

(51) Int. Cl.

G01R 33/34 (2006. 01)

G01R 33/36 (2006. 01)

G01R 33/385 (2006. 01)

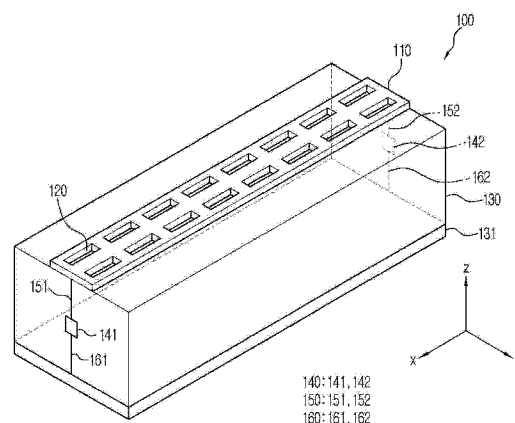
权利要求书1页 说明书12页 附图10页

(54) 发明名称

射频共振器、射频线圈和磁共振成像设备

(57) 摘要

在此公开了一种射频(RF)共振器、射频(RF)线圈和磁共振成像(MRI)设备。所述RF共振器包括：电介质，在电介质的一个表面上设置有电导体；至少一根导体线，安装在电介质的另一个表面上，以面对电导体，并且所述至少一根导体线设置有多个切口部分，所述多个切口部分被设置为多行。



1. 一种射频共振器,包括:
电介质,在电介质的第一表面上设置有电导体;
至少一根导体线,设置在电介质的第二表面上,以面对电导体,并且所述至少一根导体线设置有多切口部分,所述多个切口部分被设置为多行。
2. 根据权利要求1所述的射频共振器,其中,所述多行中的每一行包括所述多个切口部分中的至少两个切口部分。
3. 根据权利要求2所述的射频共振器,其中,所述多行中的每一行的所述至少两个切口部分以预定的间隔设置。
4. 根据权利要求2所述的射频共振器,其中,在所述多行中的每行中的所述至少两个切口部分中的至少第一个切口部分与同一行中的所述至少两个切口部分中的第二个切口部分隔开。
5. 根据权利要求1所述的射频共振器,其中,所述多行中的第一行中的切口部分中的每一个切口部分均与所述多行中的第二行中的切口部分中的每一个切口部分隔开。
6. 根据权利要求1所述的射频共振器,所述 RF 共振器还包括至少一个电容器,所述至少一个电容器电连接到所述至少一根导体线和电导体。
7. 根据权利要求6所述的射频共振器,其中,所述至少一个电容器包括具有固定电容的固定电容器和具有可变电容的可变电容器中的至少一种。
8. 根据权利要求6所述的射频共振器,其中,所述至少一个电容器形成在电介质的外表面上。

射频共振器、射频线圈和磁共振成像设备

技术领域

[0001] 示例性实施例涉及一种射频(RF)共振器、RF线圈和磁共振成像(MRI)设备。

背景技术

[0002] 磁共振成像(MRI)设备基于磁共振现象采集与对象的内部结构有关的信息、通过利用所采集的信息来创建磁共振图像,并且将所创建的磁共振图像可视地显示给用户。

[0003] 磁共振成像设备通过利用核磁共振(NMR)现象捕获对象的内部的横断面图像。NMR指的是这样的现象:被暴露在预定的磁场中的对象包含的原子核在被施加给对象的特定频率的电磁波下发生共振。当在原子核中出现NMR时,磁共振成像设备可通过采集包含在邻近的高频线圈(即,RF线圈)中的电压信号而获得对象内部的图像。在其横断面图像将要被捕获的对象是人体的情况下,磁共振成像设备可以主要通过捕获一个或更多个氢原子的分布的图像来采集与人体的内部部位有关的信息。这是因为人体具有大量氢原子,因此,氢原子容易被观测到。和辐射成像设备引起辐射不同,磁共振成像设备可获得对象的内部部位的详细图像,并且不会导致对象暴露于辐射的问题。因此,磁共振成像设备更广泛地用于生物工程和医学测试的研究。

发明内容

[0004] 因此,一个或更多个示例性实施例的一方面提供了一种能够产生强磁场的RF共振器。

[0005] 一个或更多个示例性实施例的另一方面提供了一种磁共振成像设备,所述磁共振成像设备利用RF共振器而有利于高性能RF线圈和高质量图像的生产。

[0006] 示例性实施例的其他方面一部分将在下面的描述中进行阐述,一部分将通过该描述而变得明显,或者可通过对所述示例性实施例的实施而了解。

[0007] 根据一个或更多个示例性实施例的一个方面,一种RF共振器可包括:电介质,在电介质的一个表面上设置有电导体;至少一根导体线,被设置在电介质的第二表面上,以面对电导体,并且所述至少一根导体线设置有多切口部分,所述多个切口部分被设置为多行。

[0008] 所述多行中的每一行可包括所述多个切口部分中的至少两个切口部分。这里,被包括在所述多行中的每一行的至少两个切口部分可以以周期性的间隔设置。另外,至少所述多行中的每一行的所述至少两个切口部分中的第一个切口部分与同一单独的行中的所述至少两个切口部分中的第二个切口部分隔开。另外,被包括在所述多行中的第一行中的切口部分中的每一个切口部分与被包括在所述多行中的第二行中的切口部分隔开。

[0009] 所述RF共振器可进一步包括至少一个电容器,所述至少一个电容器电连接到所述至少一根导体线和电导体。在这种情况下,所述至少一个电容器可包括具有固定电容的固定电容器和具有可变电容的可变电容器中的至少一种。所述至少一个电容器可形成在电介质的外表面上。

[0010] 根据一个或更多个示例性实施例的另一个方面,一种 RF 线圈包括:至少一个电介质,设置有附着到所述至少一个电介质的第一表面的电导体;至少一根导体线,被安装在所述至少一个电介质的第二表面上,以面对所述电导体,并且所述至少一根导体线设置有多个切口部分,所述多个切口部分被设置为多行。

[0011] 在这种情况下,所述多行中的每一行可包括所述多个切口部分中的至少两个切口部分。具体地,被包括在所述多行中的每一行中的所述至少两个切口部分可以以预定的间隔设置。被包括在所述多行中的每一行中的所述至少两个切口部分中的至少第一个切口部分可以与被包括在同一相应的行中的所述至少两个切口部分中的至少第二个切口部分隔开。另外,被包括在所述多行中的第一行中的切口部分中的每一个切口部分可以与被包括在所述多行中的第二行中的切口部分中的每一个切口部分隔开。

[0012] 所述 RF 线圈可进一步包括至少一个电容器,所述至少一个电容器电连接到所述至少一根导体线和电导体。在这种情况下,所述至少一个电容器可包括具有固定电容的固定电容器和具有可变电容的可变电容器中的至少一种。所述至少一个电容器可被形成在所述至少一个电介质的外表面上。

[0013] 根据一个或更多个示例性实施例的另一个方面,一种磁共振成像设备可包括:静态场线圈,被配置为关于对象形成静态场;梯度线圈,被配置为关于对象形成梯度场;RF 线圈,被配置为将磁场施加到对象,以引发与对象有关的磁共振现象并接收磁共振信号,磁共振信号是由于所引发的磁共振现象而产生的。具体地,RF 线圈可包括至少一个线圈元件,所述线圈元件包括至少一个电介质和至少一根导体线,电介质设置有附着到电介质的第一表面上的电导体,所述至少一根导体线安装在所述至少一个电介质的第二表面上,以面对所述电导体,并且所述至少一根导体线设置有多个切口部分,所述多个切口部分被设置为多行。

[0014] 这里,所述至少一个线圈元件的所述多行中的每一行可包括所述多个切口部分中的至少两个切口部分。具体地,被包括在所述多行中的每一行中的所述至少两个切口部分可以以预定的间隔设置。可选择地,被包括在所述至少一个线圈元件的所述多行中的每行中的所述至少两个切口部分中的至少第一个切口部分可以与被包括在同一相应的行中的所述至少两个切口部分中的至少第二个切口部分隔开。被包括在所述至少一个线圈元件的所述多行中的第一行中的切口部分中的每一个切口部分可以与被包括在所述多行中的第二行中的切口部分中的每一个切口部分隔开。

[0015] 所述至少一个线圈元件可进一步包括至少一个电容器,所述至少一个电容器电连接到所述至少一根导体线和电导体。在这种情况下,所述至少一个电容器可包括具有固定电容的固定电容器和具有可变电容的可变电容器中的至少一种。所述至少一个电容器可形成在所述至少一个电介质的外表面上。

附图说明

[0016] 通过下面结合附图对示例性实施例进行的描述,这些和/或其它方面将变得更加清楚和更加易于理解,附图中:

[0017] 图 1 是示出根据示例性实施例的 RF 共振器的透视图;

[0018] 图 2 是示出根据一个示例性实施例的导体线的平面图;

- [0019] 图 3 是示出导体线中的电流的流动的视图；
- [0020] 图 4 是描绘导体线的表面电流密度的曲线；
- [0021] 图 5 是示出导体线形成的磁场的视图；
- [0022] 图 6 和图 7 是示出导体线的各种实施例的平面图；
- [0023] 图 8 是示出导体线的另一示例性实施例的平面图；
- [0024] 图 9 是描绘频率响应曲线的图形；
- [0025] 图 10 是示出根据一个示例性实施例的磁共振成像设备的框图；
- [0026] 图 11 是示出根据一个示例性实施例的磁共振成像设备的透视图；
- [0027] 图 12 是示出根据示例性实施例的磁共振成像设备的详细的框图；
- [0028] 图 13 是示出根据另一个示例性实施例的磁共振成像设备的详细的框图；
- [0029] 图 14 是示出根据一个示例性实施例的 RF 线圈单元的视图；
- [0030] 图 15 是示出根据另一个示例性实施例的 RF 线圈单元的视图；
- [0031] 图 16 是示出通过 RF 线圈单元将磁场施加到目标部位的视图；
- [0032] 图 17 是示出磁场的大小方面的差异的曲线图。

具体实施方式

[0033] 现在将参照附图更全面的描述本发明构思的示例性实施例，在附图中示出了本发明构思的示例，其中，相同的标号始终表示相同的元件。

[0034] 以下，将参照图 1 至图 11 对根据示例性实施例的 RF 共振器进行描述。图 1 是示出根据示例性实施例的 RF 共振器的透视图。参照图 1，RF 共振器 100 可包括导体线 110 和电介质 130。

[0035] 电介质 130 指的是这样的材料：当向该材料施加磁场时，出现电极化，但是电流不会流动。如图 1 所示，电介质 130 可设置有导体 131 和至少一根导体线 110。

[0036] 根据一个示例性实施例，电介质 130 可以由云母、石蜡、氧化铝和 / 或各种树脂中的一种或更多种形成。例如，电介质 130 可包括具有大约 2.08 的相对介电常数的含氟树脂（诸如聚四氟乙烯）。

[0037] 可通过例如将导体 131 附着到电介质 130 上来将导体 131 形成在电介质 130 的一个表面上。导体 131 可以由能够使电力流过其中的金属材料形成。该导体 131 可用作导体线 110 的接地。如图 1 中所示，导体线 110 可形成在电介质 130 的另一个表面上。根据实施例，导体线 110 可形成在与电介质 130 的其上形成导体 131 的表面相对的表面上，以面对形成在电介质 130 上的导体 131。在这种情况下，导体线 110 可以按照六面体形或平面形状形成，并可附着到电介质 130 的一个表面上，如图 1 所示。可选择地，代替六面形或平面形状，导体线 110 可具有圆柱形或圆锥形形状。

[0038] 导体线 110 可以以这种方式结合到电介质 130：导体线 110 附着到电介质 130 的一个表面，以使导体线 110 形成在电介质 130 上。可选择地，导体线 110 可以以这种方式结合到电介质 130：导体线 110 的一部分插入电介质 130 中。

[0039] 导体线 110 适于随着电流从预定的输入端流到预定的输出端而产生磁场。为此，例如，导体线 110 可以由固态的金属材料（诸如银（Ag）、铜（Cu）和铝（Al）中的任意一种或更多种）形成。根据实施例，可使用能够使电流施加到其中的各种导体作为导体线 110。在

示出的示例性实施例中,导体线 110 可设置有多个切口部分(open-cut portions) 120。

[0040] 电连接到导体线 110 和导体 131 的至少一个电容器 140 可安装在电介质 130 的外表面上。下面将提供对电容器 140 的描述。

[0041] 以下,将会更加详细地描述导体线 110。

[0042] 在示出的实施例中,导体线 110 可包括形成在其中的多个切口部分 120。在导体线 110 被形成为图中所示的长方体形状的情况下,切口部分 120 可穿过导体线 110(从导体线 110 的特定表面(例如,图 1 中所示的导体线 110 的上表面)到与特定表面相对的表面(例如,图 1 中所示的导体线 110 的底表面))而形成。

[0043] 切口部分 120 以图 1 中所示的导体线 110 的切口部分的方式形成在导体线 110 中。因为切口部分 120 是导体线 110 中的空的空间,所以施加到导体线 110 的电流不会流入切口部分 120 中。尽管在图 1 中未示出,但是根据实施例,预定的非导体可被插入切口部分 120 中。在包括插入的非导体的情况下,施加到导体线 110 的电流将仍然不会流入切口部分 120 中。

[0044] 图 2 是示出根据一个示例性实施例的导体线的平面图。参照图 1 和图 2,切口部分 120 可被设置为多行,例如,切口部分 120 可被设置为第一行 121 和第二行 122。具体地,如图 2 中所示,切口部分 120 可被设置为两行 121 和 122。可选择地,切口部分 120 可能被设置为三行、四行、或五行或者更多行。

[0045] 行 121 和 122 中的每一行可包括切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 中的至少一个单独组。在这种情况下,被包括在行 121 和 122 中的每一行中的切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 的数量可以是一个、两个、三个、四个(如图 2 中所示)或者多于四个。可以根据设计者或用户的期望来任意确定被包括在每行 121、122 中的切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 的数量。可选择地,所述数量可基于导体线 110 的长度或宽度来确定。

[0046] 在导体线 110 上被设置为多行的切口部分 120 可具有任何一种或更多种不同的形状。

[0047] 根据一个示例性实施例,所有的切口部分 121a 至 121d 以及 122a 至 122d 可具有相同的尺寸和形状,例如,如图 1 和图 2 中所示,所有的切口部分 120 可具有相同的矩形形状。可选择地,根据实施例,切口部分 120 中的每一个具有正方形形状或菱形形状也是可能的。可选择地,如果有必要,切口部分 120 具有三角形形状或圆形形状也是可能的。

[0048] 根据另一个示例性实施例,切口部分 120 中的一些切口部分的形状可能和切口部分 120 中的另一些切口部分的形状不同。在这种情况下,切口部分 120 中的一些切口部分可具有相同的形状。例如,切口部分 120 中的一些切口部分具有矩形形状,切口部分 120 中的另一些切口部分可具有正方形形状,切口部分 120 中的其它切口部分可具有菱形形状。根据实施例,预定行中的切口部分(例如,被包括在第一行 121 中的切口部分 121a 至 121d)可能具有矩形形状,被包括在第二行 122 中的切口部分 122a 至 122d 可能具有正方形形状。具体地,切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 基于其所属的行可具有不同的形状。

[0049] 另外,第一行 121 中的特定的切口部分(例如,第“1a”切口部分 121a)可与第二行 122 中的切口部分(例如,与第一行 121 中的特定的切口部分的侧面相邻地设置的第“2a”切口部分 122a)具有相同的形状。相反地,被包括在同一行中的切口部分(例如,第一行 121 中的切口部分 121a 至 121d)可具有不同的形状。例如,第一行 121 中的第“1a”切口部分

121a 和第二行 122 中的第“2a”切口部分 122a 可具有矩形形状,然而,第一行 121 中的第“1b”切口部分 121b 和第二行 122 中的第“2b”切口部分 122b 可具有菱形形状。当然,被包括在同一行中的一些切口部分(例如,切口部分 121a 至 121d 中的一些切口部分)可具有与其他的切口部分的形状不同的形状。

[0050] 可选择地,切口部分 121a 至 121d 和 122a 至 122d 的形状可基于设计者或用户期望的磁场强度来确定。在切口部分 121a 至 121d 和 122a 至 122d 被形成如图 2 中所示的具有预定的宽度 w 和预定的长度 l 的矩形形状的情况下,在同一行中的切口部分的宽度 w 和长度 l 可以彼此相同或彼此不相同。例如,第一行 121 中的第“1a”切口部分 121a 的宽度 w_1 和长度 l_1 可以和第一行 121 中的第“1b”切口部分 121b 的宽度 w_2 和长度 l_2 相同或者不相同。可选择地,切口部分 121a 和 121b 的宽度 w_1 和 w_2 可以相同,而长度 l_1 和长度 l_2 可以彼此不相同。相反的情况也是可能的。

[0051] 切口部分还可以被设计为使得不同行中的切口部分具有相同的宽度 w 和长度 l ,一行中的一些切口部分具有与该行中的其它切口部分的宽度和长度不同的宽度 w 和长度 l 。例如,第一行 121 中的第“1a”切口部分 121a 的宽度 w_1 和长度 l_1 可以和第二行 122 中的第“2a”切口部分 122a 的宽度 w_3 和长度 l_3 相同。在这种情况下,第一行 121 中的第“1a”切口部分 121a 和第二行 122 中的第“2a”切口部分 122a 的宽度 w_1 和 w_3 以及长度 l_1 和 l_3 可以与第一行 121 中的另一个切口部分的宽度和长度(例如,第“1b”切口部分 121b 的宽度 w_2 和长度 l_2)不同或者与第“2b”切口部分 122b 的宽度 w_4 和长度 l_4 不相同。

[0052] 可选择地,所有的切口部分 121a 至 121d 和 122a 至 122d 可具有相同的宽度 w 和相同的长度 l 。

[0053] 进一步地,多行中的切口部分 120 可以以多种形状被设置在导体线 110 上。在这种情况下,多行中的切口部分 120 可被任意地设置或基于预定的图案来设置。

[0054] 在一个示例性实施例中,当切口部分 120 中的每一行(例如,第一行 121 和第二行 122 中的每一行)包括多个切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 时,切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 可以以预定的间隔彼此分开地设置。

[0055] 这种情况下,被包括在每一行 121、122 中的切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 可以被彼此等距或不等距地分开。例如,第一行 121 中的一个切口部分 121b 和另一个切口部分 121c 之间的距离 d_1 、第二行 122 中的一个切口部分 122b 和另一个切口部分 122c 之间的距离 d_3 可以与切口部分 121c 和另一个切口部分 121d 之间的距离 d_2 、切口部分 122c 和另一个切口部分 122d 之间的距离 d_4 相同或者不同。另外,一行中的一个切口部分(例如,第一行 121 中的一个切口部分 121c 或 121d)和另一行中对应的一个切口部分(例如,第二行 122 中的一个切口部分 122c 或 122d)之间的距离 d_5 和 d_6 可以相同或者不相同。

[0056] 进一步地,在第一行 121 和第二行 122 中的每一行包括多个切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 的情况下,被包括在第一行 121 中的切口部分 121a 至 121d 和 / 或包括在第二行 122 中的切口部分 122a 至 122d 可基于预定的图案来设置。具体地,被包括在第一行 121 中的切口部分 121a 至 121d 和 / 或包括在第二行 122 中的切口部分 122a 至 122d 可以以预定的图案设置在导体线 110 上。具体地,例如,被包括在第一行 121 中的切口部分 121a 至 121d 和 / 或包括在第二行 122 中的切口部分 122a 至 122d 可以被周期性地设置(即,以预定的间隔设置),并形成在导体线 110 上。更具体地说,被包括在第一行 121 中的

切口部分 121a 至 121d 和 / 或被包括在第二行 122 中的切口部分 122a 至 122d 可以沿着导体线 110 的长度方向以它们之间预定的间隔周期性地设置。在这种情况下,切口部分 121a 至 121d 以及 122a 至 122d 之间的距离 d1 至 d4 可被设置为相同的长度,使得切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 以预定的间隔周期性地设置在导体线 110 上。

[0057] 切口部分 121a 至 121d 和 122a 至 122d 可与导体线 110 的边缘或角落具有预定的距离 d7 至 d10 地设置在导体线 110 上。在这种情况下,对于切口部分 121a 至 121d 和 122a 至 122d 中的每一个切口部分来说,预定的距离 d7 至 d10 可以是相同或不同的。

[0058] 图 3 是示出导体线中的电流的流动的视图,图 4 是描绘导体线的表面电流密度的曲线图,图 5 是示出导体线形成的磁场的视图。

[0059] 图 3 示出了示例性实施例中具有被安装在导体线 110 上的呈矩形形状的四对切口部分 121a 至 121d 和 122a 至 122d 的电流的流动。在预定幅度的电流 I 经由输入端子 153 被输入(如图 3 中所示)的情况下,电流将无法流到切口部分 121a 和 122a,因此,电流被分为电流 I11 至 I13,并被分布到第“1a”切口部分 121a 和第“2a”切口部分 122a 之间的路径或者切口部分 121a 或 122a 与导体线 110 的边缘或角落之间的路径。具体地说,电流 I 集中在切口部分 121a 和 122a 之间的空间中。对于其他切口部分 121b 至 121d 和 122b 至 122d,电流 I 被近似地分成电流 I21 至 I43。

[0060] 在这种情况下,沿着导体线 110 流动的电流的密度如图 4 中所示。图 4 描绘了当通过磁共振成像设备捕获具有相对介电常数大约为 58.1 的对象的图像时 RF 共振器 110 的导体线 110 的表面电流密度。参照图 4,当电流被施加到导体线 110 时,切口部分 120 的行之间的空间中的电流密度以及切口部分与导体线 110 的边缘或角落之间的空间中的电流密度远远大于例如不具有切口部分 120 的导体线 110 上的电流密度。

[0061] 被分配的电流 I11 至 I13 穿过切口部分之间的空间(即,第“1b”切口部分 121b 至第“1d”切口部分 121d 与第“2b”切口部分 122b 至第“2d”切口部分 122d 之间的空间)、或切口部分 121b 至 122d 中的每个切口部分和导体线 110 的边缘或角落之间的空间,然后到达输出端子 154。

[0062] 在这种情况下,当电流 I21 至 I23 经过一个切口部分(例如,第“1b”切口部分 121b)与所述一个切口部分后的下一个切口部分(例如,第“1c”切口部分 121c)之间的空间时,所述一个切口部分和所述下一个切口部分彼此以预定的距离(例如,长度 d1 至 d4)分开。因此,可能出现在电流 I21 至 I23 之间的预定的相位差可被校正。具体地,可通过设置在同一单独行 121、122 中的切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 之间的间距来防止电流之间的相位差的出现。

[0063] 当电流流经切口部分 121a 至 121d 与切口部分 122a 至 122d 之间或者流经切口部分 121a 至 121d 和 122a 至 122d 中的每一个切口部分与导体线 110 的边缘或角落之间时,产生与各个电流 I11 至 I43 对应的磁场 B11 至 B43。如上所述,在多个切口部分 120 形成在导体线 110 上的情况下,电流 I 的流量集中在切口部分 121a 至 121d 与 122a 至 122d 之间的空间中,因此,沿着导体线 110 流动的电流 I 的密度增加,从而产生相应的磁场 B。因此,会比在不具有切口部分 120 的情况下产生更强的磁场。

[0064] 进一步地,当 RF 共振器 100 被使用于高频段时,电压和 / 或相位可基于切口部分 121a 至 121d 与切口部分 122a 至 122d 之间的距离 d1 至 d6 或切口部分 121a 至 121d、122a

至 122d 与导体线 110 的边缘或角落之间的距离 d_7 至 d_{10} 而变化。这是因为具有短波长的高频波容易受到形成在 RF 共振器 100 中的导体线 110 的长度、宽度和形状的影响。因此,通过设计 RF 共振器 100 的导体线 110 使得切口部分 121a 至 121d 与 122a 至 122d 之间的距离 d_1 至 d_6 或切口部分 121a 至 121d、122a 至 122d 与导体线 110 的边缘或角落之间的距离 d_7 至 d_{10} 彼此不同,从而可制造用于产生不同大小和方向的各个磁场的各种 RF 共振器 100。

[0065] 图 6 和图 7 是示出导体线的各种示例性实施例的平面图。

[0066] 在图 6 中示出的一个示例性实施例中,导体线 110 可包括彼此平行的两个切口部分 120a 至 120b。具体地,两个切口部分 120a 至 120b 可以在导体线 110 上被设置为两行。

[0067] 在这种情况下,电流 I 被引入导体线 110 的连接到第“1a”电导体 151 的一端 153。所引入的电流 I 被分成集中在导体线 110 的一个边缘和一个切口部分 120a 之间的空间中的电流 I_{11} 、切口部分 120a 与 120b 之间的空间中的电流 I_{12} 、在导体线 110 的另一个边缘与另一个切口部分 120b 之间的空间中的电流 I_{13} ,以穿过所述空间。电流 I 通过连接到第“2a”电导体 152 的另一端 154 释放。当电流 I 流经切口部分 120a 与 120b 之间的空间、在导体线 110 的边缘与切口部分 120a、120b 之间的空间时,产生与电流 I_{11} 至 I_{13} 对应的磁场。在导体线 110 具有如上所述的两个切口部分 120a 至 120b 的情况下,电流 I 的流量集中在切口部分 120a 与 120b 之间的空间,因此,电流 I 的密度增加,因此,可比不具有切口部分 120a 至 120b 的情况产生更强的磁场。

[0068] 在图 7 中所示的另一示例性实施例中,导体线 110 可包括被设置成两行的多个切口部分 121a 至 121d 以及 122a 至 122d。更具体地说,两行 121 和 122 中的第一行 121 中的切口部分 121a 至 121d 可被设置为不与第二行 122 中的切口部分 122a 至 122d 对齐。

[0069] 在如图 8 中所示的另一示例性实施例中,导体线 110 可以形成为圆形。在这种情况下,切口部分 120 可以在导体线 110 上被设置为至少两行。在导体线 110 具有圆形形状的情况下,电介质 130 和导体 131 可具有相应的圆柱形形状(如图 8 中所示)。可在电介质 130 的侧面上设置至少一个电容器 141,电容器 141 可经由第“1a”电导体 151 和第“1b”电导体 161 连接到导体线 110 和电导体 131。

[0070] 返回参照图 1,RF 共振器 100 可包括至少一个电容器 140。如图 1 中所示,电容器 140 可被安装在电介质 130 的外表面上。电容器 140 嵌入电介质 130 也是可能的。

[0071] 电容器 140 可电连接到导体线 110,导体线 110 被安装在电介质 130 的一个表面上。为了电连接到导体线 110,第“1a”电导体 151 可进一步被安装在电容器(例如,第一电容器 141)和导体线 110 之间。在这种情况下,第“1a”电导体 151 可包括由金属材料(例如,铝、铜和 / 或铁)形成的线缆。第“1a”电导体 151 可由与形成导体线 110 的材料相同的材料形成。

[0072] 进一步地,电容器 140(例如,第一电容器 141)可电连接到电导体 131,电导体 131 被安装在电介质 130 的另一个表面上以面对导体线 110。在这种情况下,电容器 140 和导体 131 可经由第“1b”电导体 161 彼此电连接,第“1b”电导体 161 连接到电容器 140 和导体 131 中的每一个。

[0073] 根据一个示例性实施例,RF 共振器 100 可包括多个电容器 141 和 142,如图 1 中所示。电容器 141 和 142 中的每一个可分别经由第“1a”电导体 151 和第“1b”电导体 161 或

经由第“2a”电导体 152 和第“2b”电导体 162 电连接到导体线 110 和导体 131。

[0074] 在 RF 共振器 100 使用半波长共振的情况下, RF 共振器 100 可小于该波长。在这种情况下, 电容器 140 控制 RF 共振器 100 的共振。另外, 电容器 140 可被用于 RF 共振器 100 的阻抗匹配。例如, 在 RF 共振器 100 被用作磁共振成像设备的 RF 线圈的情况下, 当 RF 共振器 100 和预定的阻抗匹配时, RF 共振器 100 可接收除了外部反射以外的所有信号, 从而使信号损耗最小化。

[0075] 根据一个示例性实施例, 电容器 140 可包括具有固定电容的固定电容器和 / 或具有可变电容的可变电容器中的至少一种。

[0076] 根据一个示例性实施例, 电容器 140 可平行地布置并可连接到导体线 110 的两端, 如图 1 中所示。

[0077] 图 9 是描绘频率响应曲线的曲线图。在图 9 的曲线图中, 示出了包含设置有切口部分 120 的导体线 110 的 RF 共振器 100 的频率响应曲线, x 轴表示频率, y 轴表示回波损耗 S11。这一曲线图示出了关于捕获具有相对介电常数约为 58.1 并且距离 RF 共振器 100 大约 10nm 的对象的图像的频率特性, RF 共振器 100 被用作磁共振成像设备的 RF 线圈。参照图 9, 可以看出, 可以通过利用多个电容器 141 和 142 来调整共振频率。

[0078] 以下, 将参照图 10 至图 17 对一个或多个示例性实施例的磁共振成像设备进行描述。图 10 是示出根据一个示例性实施例的磁共振成像设备的框图。

[0079] 如图 10 中所示, 磁共振成像设备可包括数据采集器 200、控制器 300、放大器 400、模 / 数 (A/D) 转换器 410、图像处理器 420 和显示单元 (这里也被称为“显示装置”) d 和输入单元 (这里也被称为“输入装置”) i。

[0080] 数据采集器 200 可适用于从对象 ob 的目标部分采集磁共振信号。在这种情况下, 由数据采集器 200 采集的磁共振信号可包括模拟信号。磁共振图像可基于所采集的磁共振信号而产生。

[0081] 放大器 400 放大所采集的磁共振信号。被放大的磁共振信号被传送给 A/D 转换器 410。

[0082] A/D 转换器 410 可将被放大的模拟磁共振信号转换成数字信号, 以有助于图像处理器 420 能够易于并精确地处理所述磁共振信号。数字转换的信号可被传送到图像处理器 420。

[0083] 图像处理器 420 可基于数字转换的磁共振信号产生磁共振图像。具体地, 图像处理器 420 可基于数字转换的磁共振信号产生波矢空间 (k-space), 然后, 对所产生的波矢空间进行傅里叶变换, 从而产生磁共振图像。

[0084] 显示单元 d 向用户显示所产生的磁共振图像。

[0085] 控制器 300 适于控制磁共振成像设备的整体操作。

[0086] 输入单元 i 从用户接收关于控制磁共振成像设备的各种指令和命令, 将所接收的指令和命令转换成电信号, 然后, 将所述电信号传送给控制器 300。控制器 300 可基于经由输入单元 i 从用户接收的指令和命令来控制磁共振成像设备的操作, 从而按照用户的预期来操作磁共振成像设备。

[0087] 以下, 将对磁共振成像设备进行更详细地描述。图 11 是示出根据示例性实施例的磁共振成像设备的透视图, 图 12 和图 13 是示出根据不同的示例性实施例的磁共振成像设

备的详细框图。

[0088] 捕获被引入的对象 ob 的图像的磁共振成像设备的主体可具有设置有空的空间(即,在主体的中心处的空腔)的圆柱形的形状,如图 11 中所示。对象 ob(例如,人体)被放置在预定的运输机(例如,运输台)上并进行运输,从而被引入空腔内。

[0089] 数据采集器 200 有利于将被放置在空腔中的对象 ob 能够暴露在预定的磁场中,以便在对象 ob 中诱发 NMR 现象,并采集由于 NMR 现象而产生的磁共振信号,从而获得对象 ob 的横截面的原始数据。原始数据是可能构成磁共振图像的基础的未被处理的数据。

[0090] 下面将给出对 NMR 现象的更加具体的描述。例如,对象 ob 的元素的原子(诸如,氢(H)、磷(P)和 / 或碳同位素(C)中的任意一种或更多种)的原子核具有特定的自旋。当所述原子核被暴露在外部磁场时,这样的原子核会被磁化。然后,原子核的自旋沿着磁场的方向排列。另外,由磁场施加的扭矩引起所述自旋的旋进,从而通过以预定的频率(即,拉莫尔频率(Larmor frequency))快速地旋转以关于中心轴形成预定的角度。拉莫尔频率可基于外部磁场的强度和原子核的类型而变化。

[0091] 当在上述原子核的旋进期间将具有和拉莫尔频率相同或相似的频率的射频(RF)脉冲或者与所述 RF 脉冲相对应的磁场施加到原子核上时,原子核的磁化矢量与所述磁场发生共振,因此,磁化矢量被定向为沿着垂直于静态场的方向。这时,磁化矢量在邻近的 RF 线圈单元 230 中引发预定的信号(即,自由感应衰减(FID)信号)。这被称为 NMR 现象。数据采集器 200 基于这一 NMR 现象采集预定的信号,以获得原始数据。具体地,为了利用 NMR 现象获得磁共振信号,数据采集器 200 可包括多个线圈单元(也被称为“线圈组件”或“线圈”),即,静态场线圈单元 210、梯度线圈单元 220 和 RF 线圈单元 230,如图 12 和图 13 中所示。每个线圈单元可被形成在如图 14 所示的孔(bore)处。

[0092] 静态场线圈单元 210 产生静态场,以将被包含在对象 ob(例如,人体)中的元素的原子(诸如,引起磁共振的氢、磷和 / 或钠)的原子核磁化。由静态场线圈单元 210 产生的静态场大致平行于磁共振成像设备的孔的轴向(coaxis)(图 11 中的 z 轴)。例如,在对象 ob 是人体的情况下,静态场被形成为从人体的头部指向脚。上述的拉莫尔频率与形成在对象 ob 中的静态场的强度成比例。

[0093] 在一些示例性实施例中,静态场线圈单元 210 可产生近似等于 1.5 特斯拉(T)或 3T 的静态场,或者具有强度大于 7T 的超强磁场。

[0094] 在一些示例性实施例中,静态场线圈单元 210 可通过利用永磁体、常规导磁体、超导磁体中的任何一种或更多种来产生静态场。

[0095] 梯度线圈单元 220 在空腔中的对象 ob 中产生空间线性梯度磁场 G_x 、 G_y 和 G_z ,以改变磁场的均匀度。因此,当原子核的磁化矢量在基于由静态场线圈单元 210 产生的静态场的横向平面(transverse plane)中旋转时,梯度线圈空间地控制旋转的磁化矢量的旋转频率和相位,从而在空间频域(即,波矢空间)中描绘磁共振信号。更具体地说,梯度线圈单元 220 可包括 z 轴梯度线圈、y 轴梯度线圈和 x 轴梯度线圈。z 轴梯度线圈沿着 z 轴方向产生用于片的选择的切片选取(slice-select)梯度 G_z ; y 轴梯度线圈沿着 y 轴方向产生相位编码梯度,以引起相移,使多行的片具有用于相位编码的不同的相位; x 轴梯度线圈沿着 x 轴方向产生频率编码梯度 G_x ,使各行中的自旋具有不同的频率,从而可将所述自旋彼此区分开来。

[0096] 当对象 ob 被暴露于由静态场线圈单元 210 和梯度线圈单元 220 产生的静态场和梯度场中时, RF 线圈单元 230 将高频磁场施加到对象 ob, 以使由静态场产生的磁化矢量在横向平面内平行于所述平面旋转。当拉莫尔频率频段的高频电流施加到 RF 线圈单元 230 时, RF 线圈单元 230 的高频线圈 230a 根据所施加的高频电流而产生以拉莫尔频率围绕线圈旋转的磁场。此时, 旋转的磁场与对象 ob 的目标部分的磁化矢量发生共振。因此, 目标部分的磁化矢量关于横向平面水平地倾斜, 并以拉莫尔频率旋转。随着磁化矢量旋转, 在 RF 线圈单元 230 的高频线圈中引发电动势。当拉莫尔频率基于所引发的电动势信号来解调正弦波时, 获得基带的磁共振信号。从而, 获得对象 ob 内部或外部的目标部分的磁共振信号。

[0097] 根据图 12 中示出的 RF 线圈单元 230 的示例, RF 线圈单元 230 可包括至少一个发射 / 接收 RF 线圈 230a。发射 / 接收 RF 线圈 230a 是适用于产生旋转的磁场并接收磁共振信号的线圈。

[0098] 根据图 13 中示出的 RF 线圈单元 230 的示例, RF 线圈单元 230 可包括发射线圈 230b 和接收线圈 230c。发射线圈 230b 适用于将 RF 脉冲施加到对象 ob 和 / 或基于施加到发射线圈 230b 上的电流产生旋转的磁场。接收线圈 230c 使用基于所施加的 RF 脉冲和 / 或磁场引发的自由感应衰减, 以接收磁共振信号。

[0099] 在一些示例性实施例中, 例如, RF 线圈单元 230 (诸如发射 / 接收 RF 线圈 230a、发射线圈 230b 或接收线圈 230c) 可以是单相线圈、亥姆霍兹(Helmholtz)线圈(诸如表面线圈(surface coil))或螺线管线圈, 或者可以是单线圈或相控阵列线圈(phased array coil)。

[0100] 另外, 根据一些示例性实施例, RF 线圈单元 230 的线圈 230a 至 230c 可以是身体线圈(body coil)、头部线圈(head coil)或表面线圈。

[0101] 图 14 是示出根据一个示例性实施例的在 RF 线圈单元中使用的线圈的视图。

[0102] 如图 14 中所示, RF 线圈单元 230 可包括被设置成圆柱形形状的多个线圈元件 231、232、233 和 234。

[0103] 在这种情况下, RF 线圈单元 230 的至少一个线圈元件(例如, 线圈元件 234)可包括至少一根导体线 234a、电介质 234b 和电导体 234c, 电介质 234b 包括以导体线 234a 附着到电介质 234b 的一个表面上的这样的方式安装在所述一个表面上的导体线 234a, 电导体 234c 形成在电介质 234b 的另一个表面上。根据一些示例性实施例, 导体线 234a 和电导体 234c 可被安装在电介质 234b 上, 使得导体线 234a 和电导体 234c 彼此面对。

[0104] 另外, 多个切口部分 234d (即, 槽)可以形成在导体线 234a 上。切口部分 234d 可以在导体线 234a 上被设置为多行, 如图 14 所示。

[0105] 如图 14 中所示, 导体线 234a 可具有平板形状。导体线 234a 可形成为上面的参照图 1 描述的各种形状。另外, 被设置在导体线 234a 上的切口部分 234d 的尺寸和形状可以彼此相同或彼此不同。可选择地, 切口部分 234d 中的一些切口部分可具有一种形状, 然而, 切口部分 234d 中的其它切口部分可具有另一种形状。此外, 切口部分 234d 可被设置为各种图案。例如, 切口部分 234d 可以按照预定的间距和 / 或间隔周期性地设置在导体线 234a 上。

[0106] 图 15 是示出根据另一个示例性实施例的 RF 线圈单元的线圈的视图。

[0107] 如图 15 中所示, RF 线圈单元 230 可包括多个线圈元件 231 和支撑件 235, 支撑件

235 被配置为支撑多个线圈元件 231。

[0108] 在这种情况下,线圈元件 231 中的至少一个线圈元件可包括至少一根导体线 231a、电介质 231b 和电导体 231c,电介质 234b 包括安装在其一个表面上的导体线 231a,这样,使得导体线 231a 附着到电介质 231b 的一个表面上,电导体 231c 形成在电介质 231b 的另一个表面上,以使导体线 231a 和电导体 231c 如上所述地彼此面对。

[0109] 多个切口部分 231d (即,槽)可以形成在导体线 231a 上。切口部分 231d 可以以多行被设置在导体线 231a 上,如图 15 所示。

[0110] 图 16 是示出通过 RF 线圈单元将磁场施加到目标部位的视图。

[0111] 如图 14 和图 15 中所示的 RF 线圈单元 230 适用于在对象 ob 的目标部分(例如,感兴趣区域)上形成预定的磁场(例如,磁场 B),如图 16 所示。当将电流施加到被形成在电介质 231b 上的导体线 231a 上时,RF 线圈单元 230 的每个线圈元件 231 至 234 产生预定的磁场,邻近的对象 ob 的目标部分暴露在预定的磁场(例如,磁场 B)中。如上所述,包含在对象 ob 中的原子的原子核将被暴露在由静态场产生器 210 产生的磁场(例如,磁场 B)中并在磁共振成像设备中被磁化以旋进。随着对象 ob 被进一步暴露在预定的磁场(例如,磁场 B)中,在导体线 231a 中引发预定的磁共振信号。从而,RF 线圈单元 230 采集所述磁共振信号。

[0112] 图 17 是描绘磁场的大小方面的差异的曲线图。

[0113] 在曲线图中,图 17 描绘了从具有相对介电常数约等于 58.1 的对象的中心沿着 RF 线圈单元 230 的线圈元件 231、232、233、234 的轴向发射的磁场的大小。这里,曲线 (A) 代表由包含设置有切口部分(即,图 14 中的切口部分 234d 或图 15 中的切口部分 231d)的导体线(即,图 14 中的导体线 234a 或图 15 中的导体线 231a)的线圈元件 231、232、233、234 产生的磁场的大小,而曲线 (B) 代表由包含不具有切口部分(即,图 14 中的切口部分 234d 或图 15 中的切口部分 231d)的导体线的线圈元件产生的磁场的大小。从图 17 中可见,包含设置有切口部分(即,图 14 中的切口部分 234d 或图 15 中的切口部分 231d)的导体线(即,图 14 中的导体线 234a 或图 15 中的导体线 231a)的线圈元件 231、232、233、234 比那些包含不具有切口部分(即,图 14 中的切口部分 234d 或图 15 中的切口部分 231d)的导体线的线圈元件产生的磁场更强。在理想条件下,大小方面的这一差异会基于切口部分(即,图 14 中的切口部分 234d 或图 15 中的切口部分 231d)的尺寸和形状、和 / 或其布置图案、和 / 或其位置而变化。在图 17 中所示的情况下,包含设置有切口部分(即,图 14 中的切口部分 234d 或图 15 中的切口部分 231d)的导体线(即,图 14 中的导体线 234a 或图 15 中的导体线 231a)的线圈元件 231、232、233、234 产生大约强过 68% 的磁场。

[0114] 参照图 12 和图 13,由 RF 线圈单元 230 采集的磁共振信号被传送到图像处理器 420,图像处理器基于所述磁共振信号产生磁共振图像。在磁共振信号被传送到图像处理器 420 之前,可通过放大器 400 和模 / 数 (A/D) 转换器 410 将磁共振信号放大并转换成数字信号,如图 10 中所示。所产生的磁共振图像被传送到显示单元 d 并显示给用户,显示单元 d 被安装在磁共振成像设备中或被安装在连接到磁共振成像设备的单独的工作站 w 中。

[0115] 如图 10 和图 12 中所示,磁共振成像设备可包括控制器 300。根据一个示例性实施例,控制器 300 可产生各种信号,以控制数据采集器 200 的操作。更具体地,控制器 300 可包括:静态场控制器 311,被配置为控制静态场线圈单元 210;梯度场控制器 321,被配置为控制梯度线圈单元 220;RF 线圈控制器 331,被配置为控制 RF 线圈单元 230。

[0116] 静态场控制器 311 和梯度场控制器 321 可基于经由输入单元 i 接收的用户指令或命令或者基于单独地预先存储在磁共振成像设备的存储单元(未示出)中的设置产生预定的控制信号,输入单元 i 被安装在磁共振成像设备上或被安装在连接到磁共振成像设备的单独的工作站 w 上。所产生的预定的控制信号可被传送到静态场线圈施加单元(这里也被称为“静态场线圈施加组件”) 312 和梯度线圈施加单元(这里也被称为“梯度线圈施加组件”) 322。当静态场线圈施加单元 312 和梯度线圈施加单元 322 中的每一个从静态场控制器 311 和梯度场控制器 321 接收预定的控制信号时,静态场线圈施加单元 312 和梯度线圈施加单元 322 中的每一个基于所接收的预定的控制信号将预定的电流施加到静态场线圈单元 210 和梯度线圈单元 220,以控制静态场线圈单元 210 和梯度线圈单元 220 分别在对象 ob 中产生静态场和梯度场。

[0117] 类似地,RF 线圈控制器 331 可基于经由输入单元 i 接收的用户指令或命令或基于单独地预先存储的设置而产生预定的控制信号,然后将所产生的预定的控制信号传送到 RF 线圈施加单元(这里也被称为“RF 线圈施加组件”) 332。RF 线圈施加单元 332 基于所接收的控制信号将预定的电流施加到 RF 线圈单元 230,从而有利于通过 RF 线圈单元 230 将预定频率的电磁波或对应于该预定频率的电磁波的磁场(例如,磁场 B)施加到对象 ob。

[0118] 因此,所述磁共振成像设备可将对象 ob 暴露在所述静态场和梯度场中,从而使所述静态场和梯度场能够从暴露在其中的对象接收磁共振信号。

[0119] 通过上面的描述明显的是,根据示例性实施例的 RF 共振器有利于产生强的和均匀的磁场。

[0120] 另外,使用 RF 共振器有利于制造优良的单通道、高性能 RF 线圈。

[0121] 进一步地,当使用 RF 线圈将磁场投放到感兴趣区域上时,RF 线圈可在感兴趣区域中形成强磁场的均匀分布。

[0122] 另外,通过应用了 RF 共振器或 RF 线圈的所述磁共振成像设备获得的图像的质量可以被提高。

[0123] 虽然已经示出并描述了一些示例性实施例,但是本领域技术人员应当理解,在不脱离由权利要求及其等同物限定其范围的本发明构思的原理和精神的情况下,可以对这些示例性实施例做出改变。

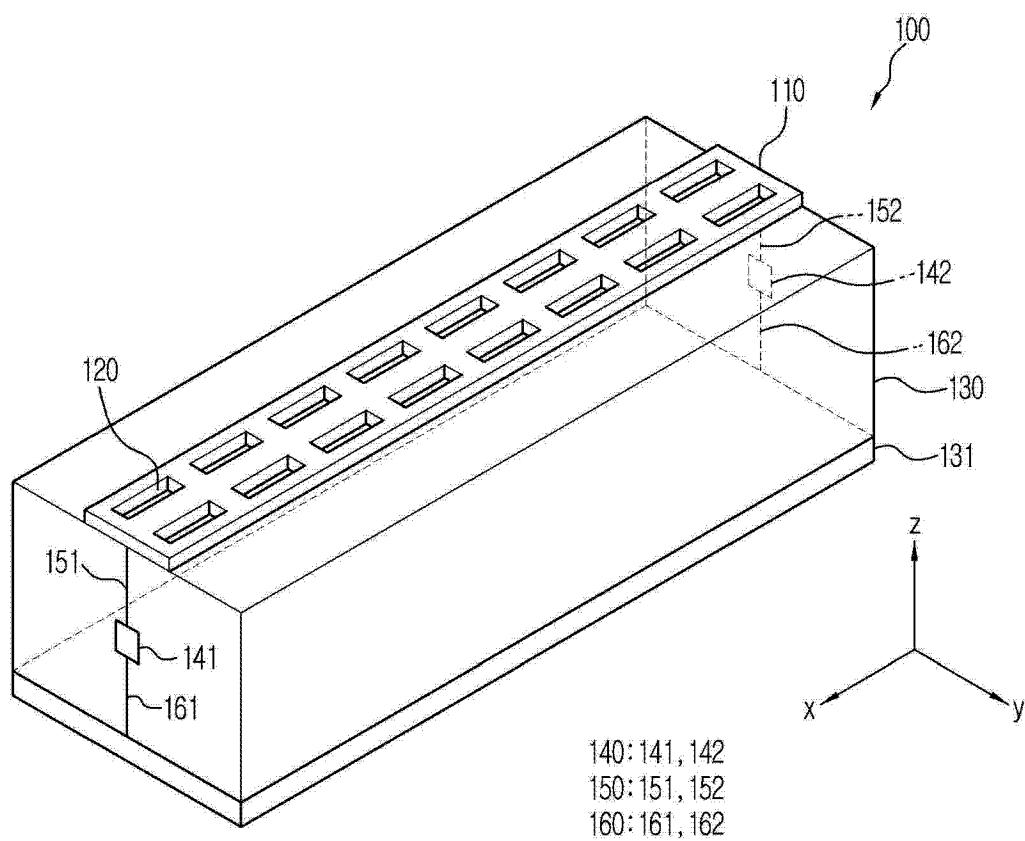


图 1

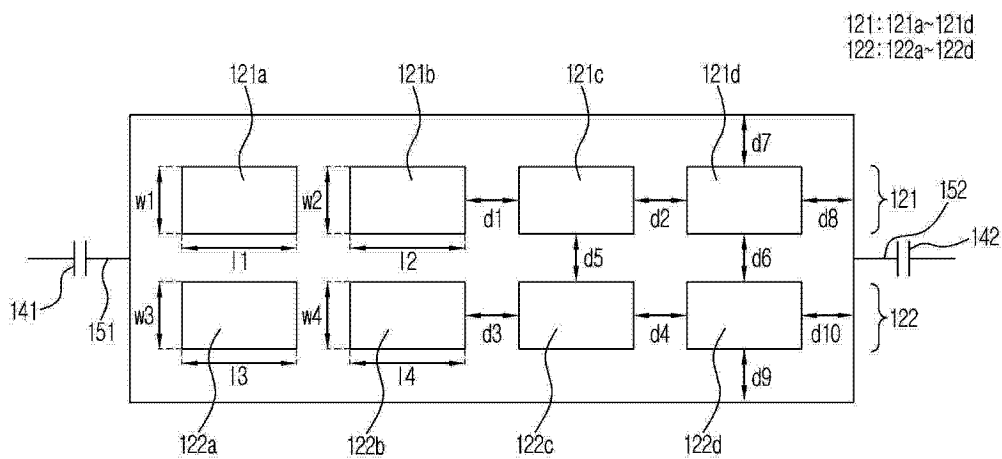


图 2

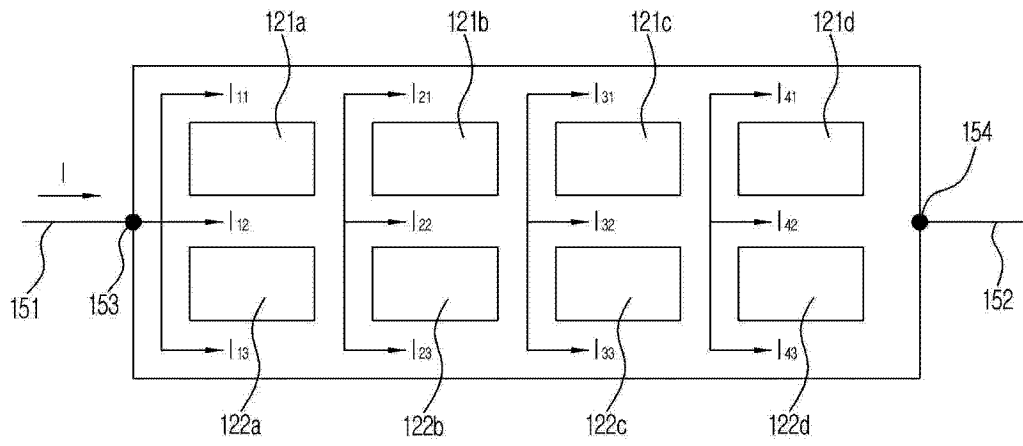


图 3

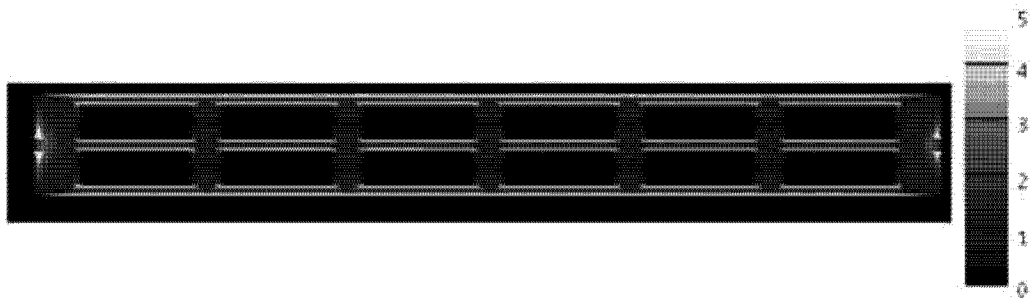


图 4

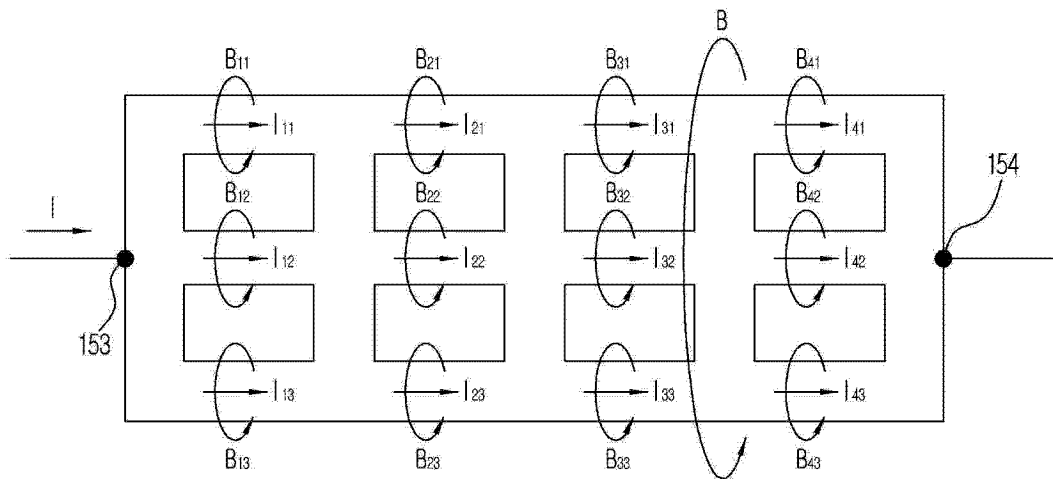


图 5



图 6

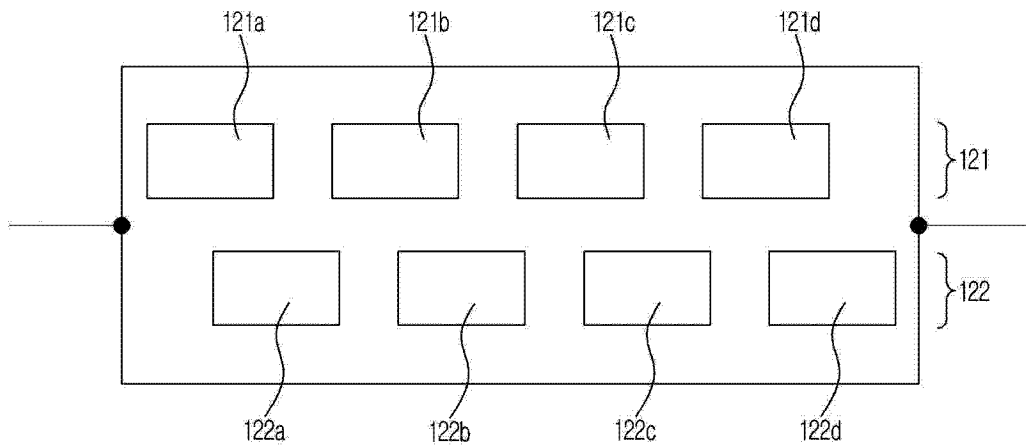


图 7

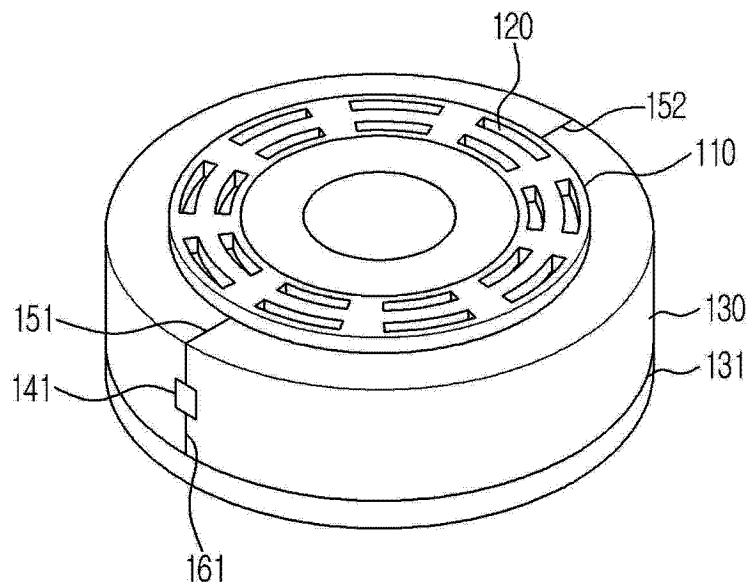


图 8

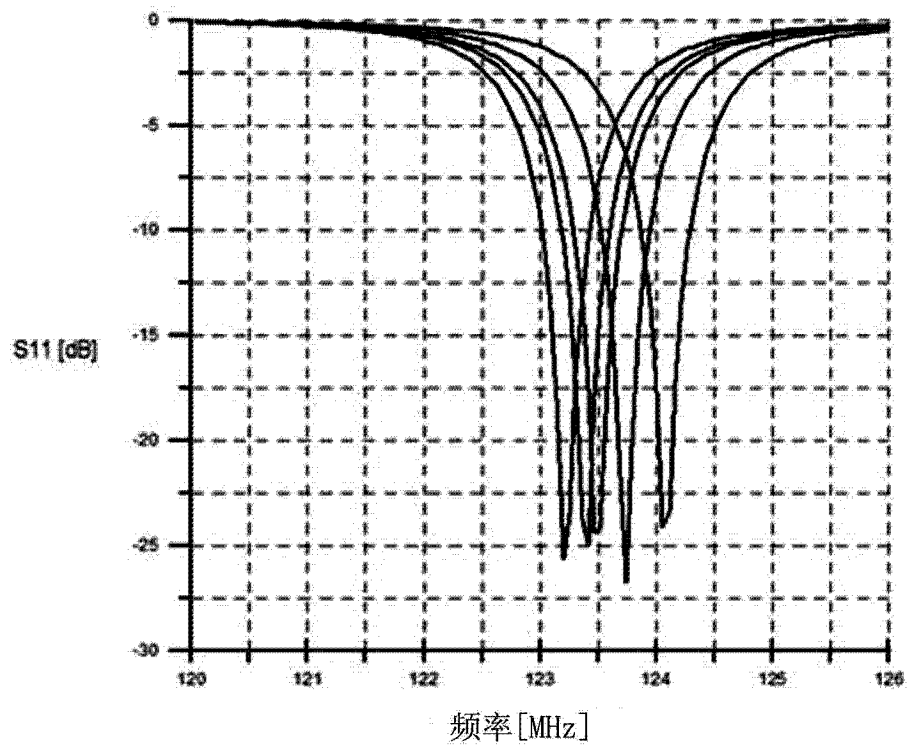


图 9

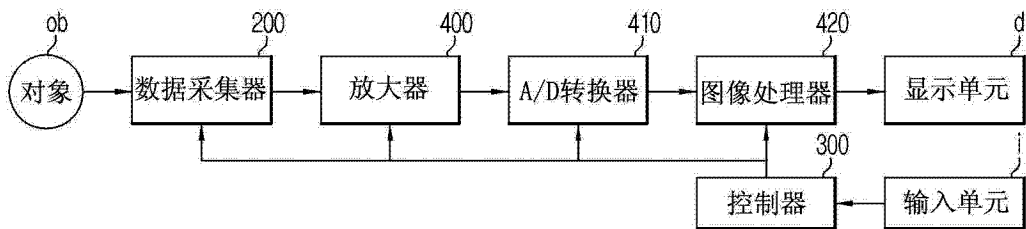


图 10

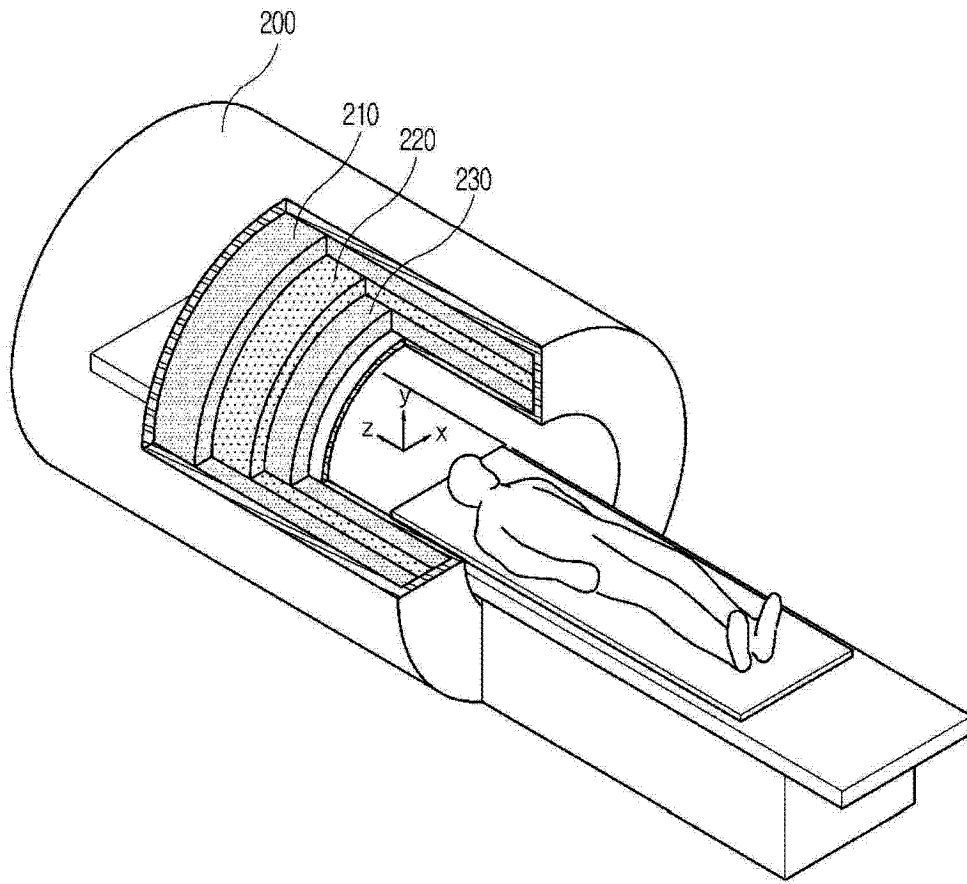


图 11

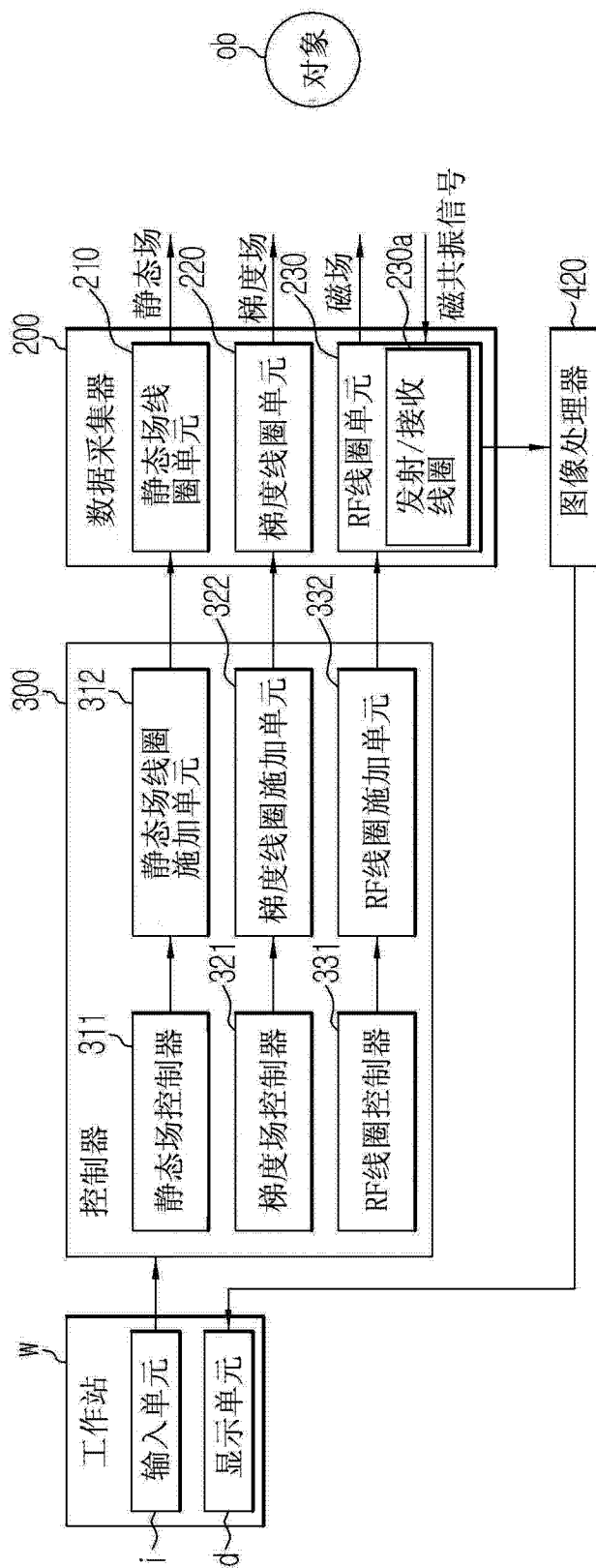


图 12

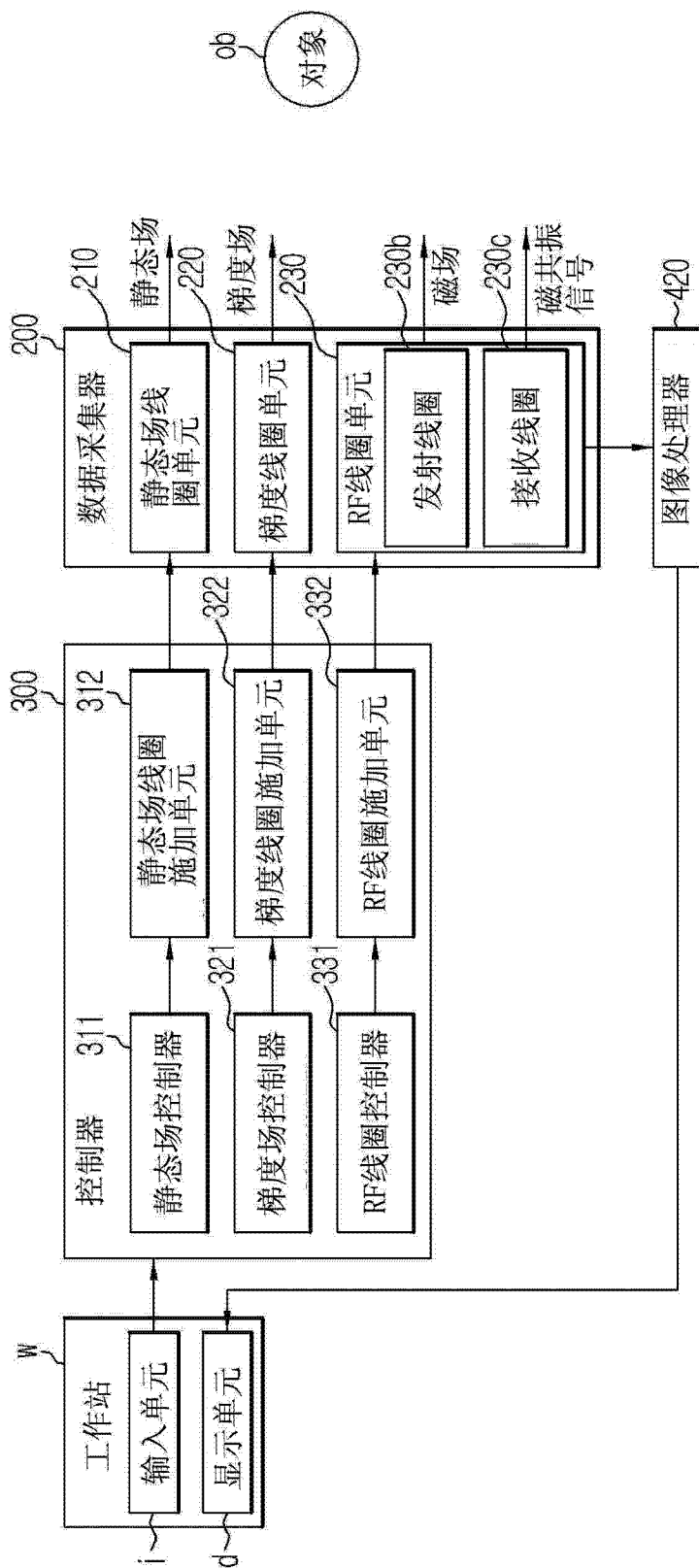


图 13

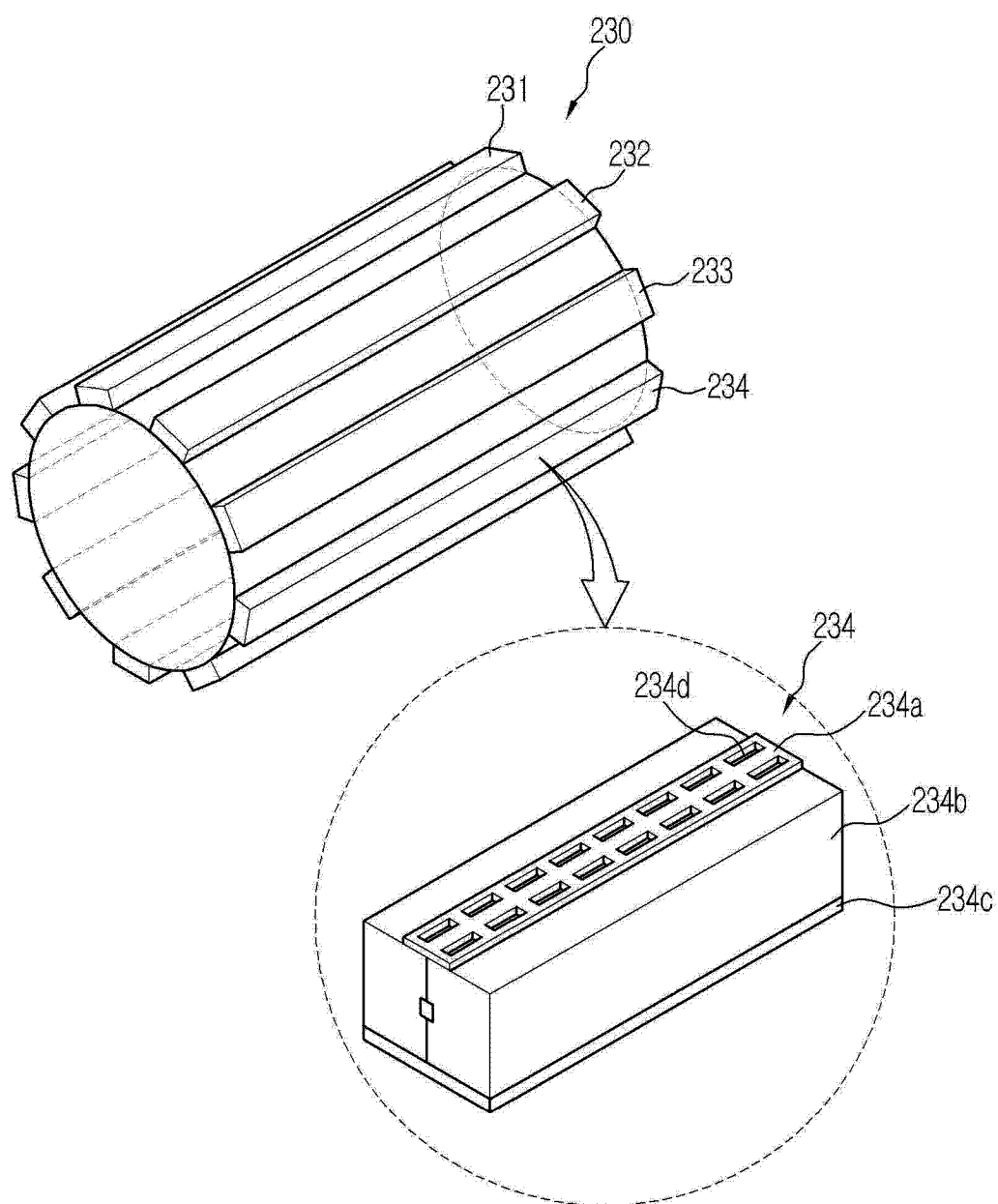


图 14

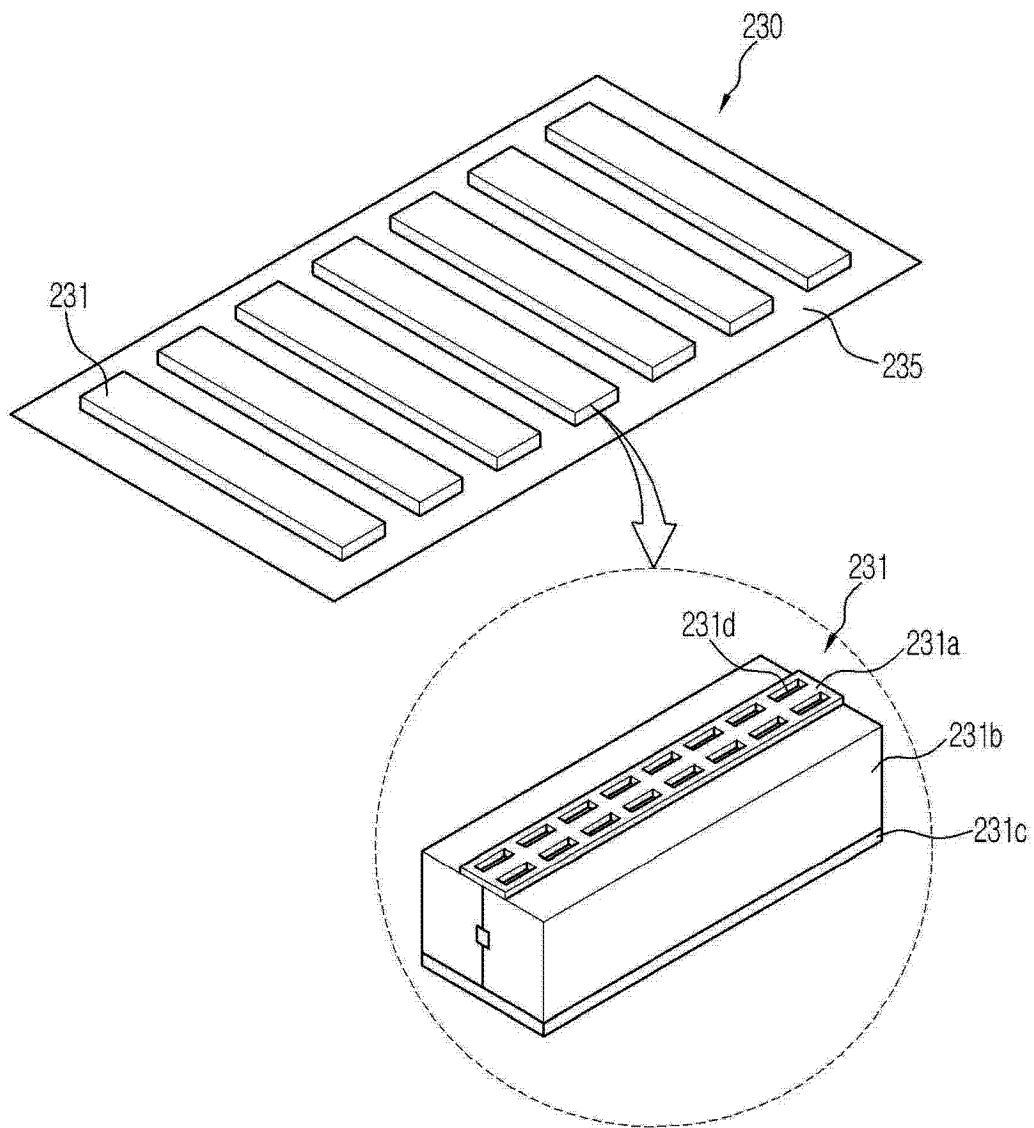


图 15

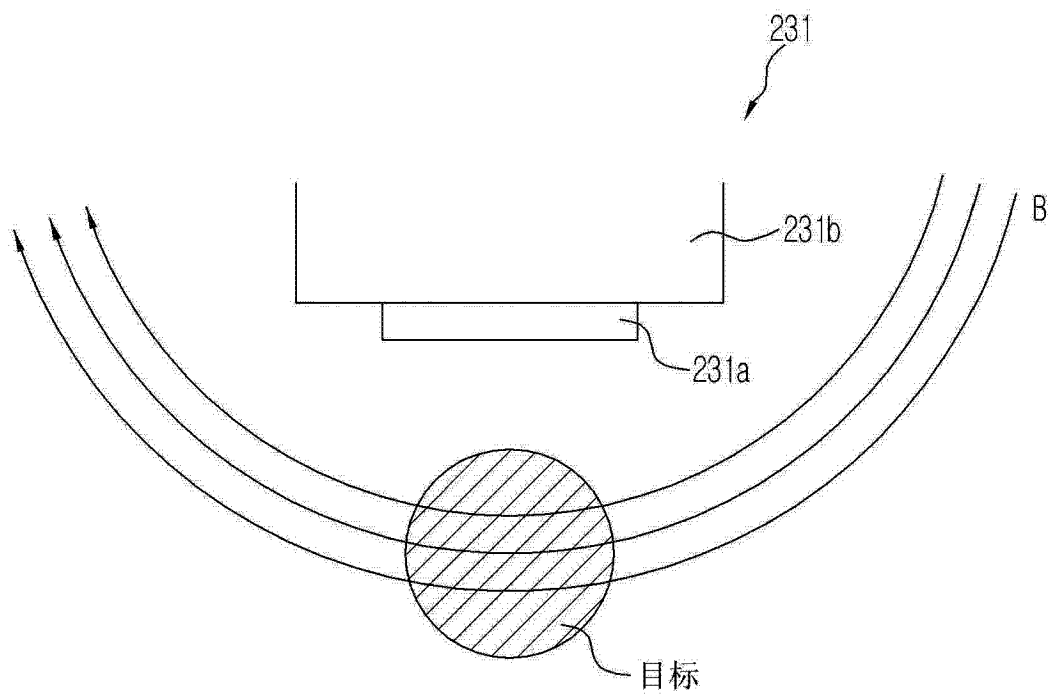


图 16

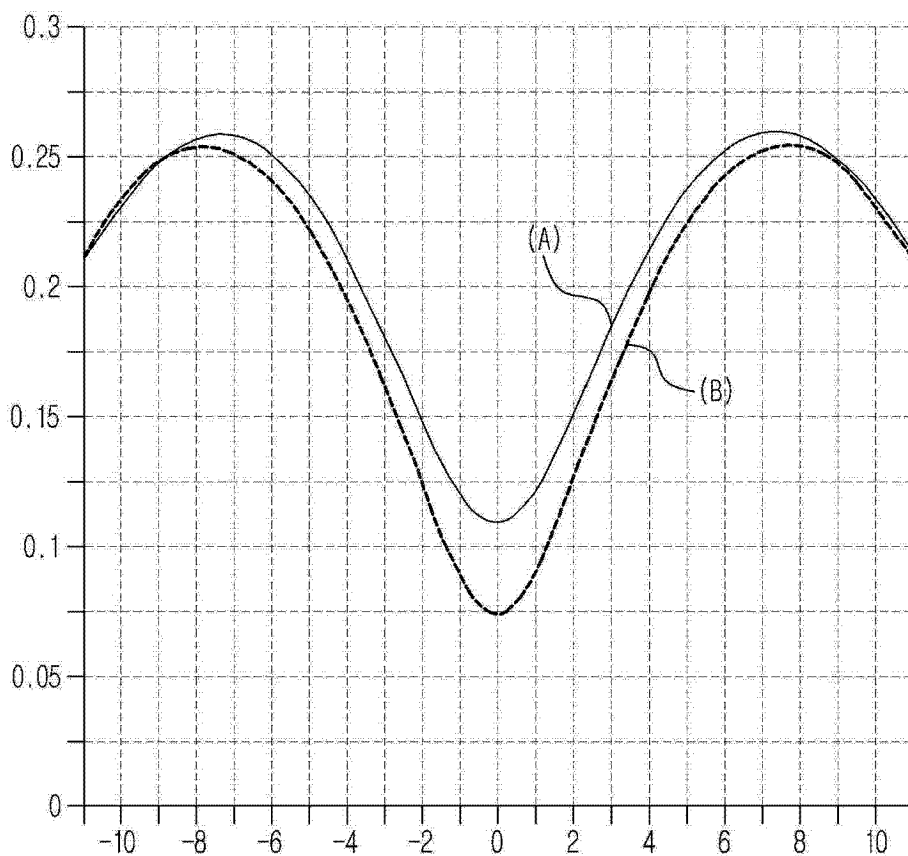


图 17