(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103869269 B
(45)授权公告日 2018.11.06

(21)申请号 201310664991.9

(22)申请日 2013.12.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103869269 A

(43)申请公布日 2014.06.18

(30)优先权数据
10-2012-0143679 2012.12.11 KR

(73)专利权人 三星电子株式会社
地址 韩国京畿道水原市
专利权人 庆熙大学校产学协力团

(72)发明人 李周炯 李寿烈

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286
代理人 王艳娇 戴嵩玮

(51)Int.Cl.
G01R 33/36(2006.01)

(56)对比文件
US 5777474 A,1998.07.07,

审查员 陈梦慧

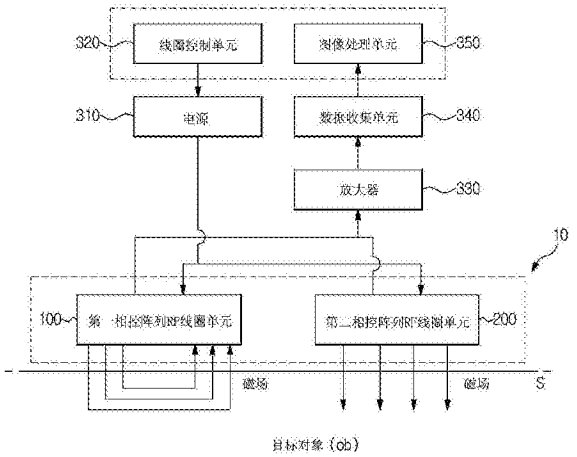
权利要求书2页 说明书17页 附图26页

(54)发明名称

相控阵列RF线圈模块和使用该模块的磁共振成像设备

(57)摘要

提供了一种相控阵列RF线圈模块和使用该模块的磁共振成像设备。所述相控阵列RF线圈模块和使用该模块的磁共振成像设备可以以高接收灵敏度接收从目标对象产生的磁共振信号并提高信号噪声比。相控阵列RF线圈模块包括:至少一个第一相控阵列RF线圈单元,产生具有与目标对象的表面水平的分量的磁场;与目标对象的表面水平地形成的第二相控阵列RF线圈单元,产生具有与目标对象的表面垂直的分量的磁场。使用相控阵列RF线圈模块的成像设备是磁共振成像设备。



CN 103869269 B

1.一种相控阵列RF线圈模块(10),包括:

第一相控阵列RF线圈单元(100),被布置用于产生主要具有与目标对象(ob)的表面基本上水平的分量的磁场;以及

第二相控阵列RF线圈单元(200),被布置用于产生主要具有与目标对象(ob)的表面基本上垂直的分量的磁场,

其中,第一相控阵列RF线圈单元(100)产生的磁场的与目标对象(ob)的表面基本上水平的分量和第二相控阵列RF线圈单元(200)产生的磁场的与目标对象(ob)的表面基本上垂直的分量分别与静磁场产生单元在目标对象周围产生的静磁场正交。

2.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元(100)包括彼此电连接并被布置为彼此相反的两个导体表面(121,122)。

3.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元(100)包括至少一个导体表面(131)和通过平行排列多条导线而形成的导线组(132),所述至少一个导体表面(131)和导线组(132)彼此电连接并被布置为彼此相反。

4.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元(100)包括通过平行排列第一多条导线而形成的第一导线组(141)和通过平行排列第二多条导线而形成的第二导线组(142),第一导线组(141)和第二导线组(142)彼此电连接并被布置为彼此相反。

5.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元(100)包括被布置为彼此邻近以形成按照相反方向的磁场的两个环形结构。

6.如权利要求5所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元包括按照数字8的形状形成的至少一条导线(160)。

7.如权利要求4所述的相控阵列RF线圈模块,还包括安装在连接第一导线组(141)和第二导线组(142)的导体结构上的电容(144a,144b)。

8.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第二相控阵列RF线圈单元(200)包括彼此组合的多个环形线圈。

9.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,按照头盔形状(90)来组合第一相控阵列RF线圈单元(100)和第二相控阵列RF线圈单元(200)。

10.如权利要求9所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,在头盔形状的顶部区域形成第一相控阵列RF线圈单元(100)。

11.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,按照肩部和胸部盔甲形状(413b)来组合第一相控阵列RF线圈单元(100)和第二相控阵列RF线圈单元(200)。

12.如权利要求11所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,在肩部和胸部盔甲形状的肩部区域形成第一相控阵列RF线圈单元(100)。

13.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元(100)或第二相控阵列RF线圈单元(200)将电磁波施加到目标对象。

14.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元(100)或第二相控阵列RF线圈单元(200)从目标对象接收磁共振信号。

15.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块,其特征在于,第一相控阵列RF线圈单元(100)接收拉莫频带的RF电流并产生具有与目标对象的表面水平的主要分量的旋转磁场。

16.如权利要求1所述的相控阵列RF线圈模块，其特征在于，第二相控阵列RF线圈单元(200)接收拉莫频带的RF电流并产生具有与目标对象的表面垂直的主要分量的旋转磁场。

相控阵列RF线圈模块和使用该模块的磁共振成像设备

技术领域

[0001] 本公开涉及一种相控阵列RF线圈模块和使用该模块的成像设备。

背景技术

[0002] 成像设备(诸如,磁共振成像(MRI)设备、数字射线拍摄(DR)设备、超声波诊断设备或计算机断层拍摄(CT)设备)获得关于目标对象(例如,人体)的内部结构的信息,基于获得的信息产生可视图像,并将这样的图像提供给用户。

[0003] 为了对目标对象(例如,人体)的内部横截面进行成像,磁共振成像设备使用原子核随着指定频率的电磁波而共振的核磁共振(NMR)。

[0004] 在目标对象(例如,人体)内的元素氢(H)、磷(P)、钠(Na)或各种碳同位素的原子核均具有具备称为自旋的特性的粒子。因此,如果原子核暴露于外部磁场(即,静磁场)并因此被磁化,则原子核的自旋按照磁场的方向排列并且通过从磁场接收的转矩以针对中心轴指定的角度快速旋转,这样的现象称为进动(precession)。同样由本领域普通技术人员已知的进动的频率也称为拉莫(Larmor)频率。这样的拉莫频率与静磁场的强度成比例。当频率等于或类似于拉莫频率的电磁波被施加于上述原子核时,原子核的磁化矢量共振并因此与静磁场呈正交朝向。此时,磁化矢量在邻近的RF线圈上感应通常称为自由感应衰减(FID)信号的电压信号。磁共振成像设备从感应的电压信号产生目标对象(例如,人体)的内部图像,并将产生的图像提供给用户。

[0005] 由于磁共振成像设备主要对氢原子的分布进行成像,故磁共振成像设备在具有大量氢原子的人体的观察中是有益的。

发明内容

[0006] 因此,本发明的一个示例性方面在于提供一种将电磁波施加到目标对象或接收从目标对象产生的磁共振信号的具有高接收灵敏度的相控阵列RF线圈模块以及使用该相控阵列RF线圈模块的磁共振成像设备。

[0007] 本发明的另一示例性方面在于提供一种用于提高磁共振成像设备的输出图像的信号噪声比的具有高接收灵敏度的相控阵列RF线圈模块以及使用该相控阵列RF线圈模块的磁共振成像设备。

[0008] 本发明的另一示例性方面在于提供一种避免当使用仅包括环形线圈的相控阵列RF线圈时产生的信号噪声比的降低的相控阵列RF线圈模块以及使用该相控阵列RF线圈模块的磁共振成像设备。

[0009] 本发明的另一示例性方面在于提供一种减少磁共振成像设备的成像时间的相控阵列RF线圈模块以及使用该相控阵列RF线圈模块的磁共振成像设备。

[0010] 将在接下来的描述中部分阐述本发明另外的示例性方面,可以通过描述对本领域的普通技术人员逻辑地呈现本发明另外的示例性方面,或者可以经过无需过度试验的本发明的实施而得知。

[0011] 根据本发明的示例性方面，一种相控阵列RF线圈模块包括：至少一个第一相控阵列RF线圈单元，产生具有与目标对象的表面水平的分量的磁场；以及第二相控阵列RF线圈单元，产生具有与目标对象的表面垂直的分量的磁场。

[0012] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括彼此电连接并被布置为彼此相反的两个导体表面。

[0013] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括至少一个导体表面和通过平行排列多条导线而形成的导线组，所述至少一个导体表面和导线组可彼此电连接并被布置(排列)为彼此相反。

[0014] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括例如通过平行排列第一多条导线而形成的第一导线组和通过平行排列第二多条导线而形成的第二导线组，第一导线组和第二导线组可彼此电连接并被布置为彼此相反。

[0015] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括被布置为彼此邻近以形成按照相反方向的磁场的两个环形结构，并且所述至少一个第一相控阵列RF 线圈单元可包括按照数字8的形状形成的至少一条导线。

[0016] 第二相控阵列RF线圈单元可包括彼此组合的多个环形线圈。

[0017] 可按照例如头盔形状来组合所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元和第二相控阵列RF线圈单元。在此情况下，可在头盔形状的顶部区域形成所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元。

[0018] 可按照肩部和胸部盔甲形状来组合所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元和第二相控阵列RF线圈单元。在此情况下，可在肩部和胸部盔甲形状的肩部区域形成所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元。

[0019] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元或第二相控阵列RF线圈单元可将电磁波施加到目标对象，或从目标对象接收磁共振信号。

[0020] 根据本发明的另一示例性方面，一种相控阵列RF线圈模块包括：至少一个第一相控阵列RF线圈单元，产生具有与暴露在外部磁场中的目标对象周围的外部磁场基本上正交的分量的磁场；以及第二相控阵列RF线圈单元，产生具有与目标对象的表面垂直的分量的磁场。这里，可按照头盔形状来组合所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元和第二相控阵列RF线圈单元，并且可在头盔形状的顶部区域形成所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元。

[0021] 根据本发明的另一示例性方面，一种磁共振成像设备包括：静磁场线圈单元，在目标对象周围形成静磁场；RF线圈单元，将电磁波施加到围绕其形成静磁场的目标对象以在目标对象中引起磁共振，并接收根据磁共振产生的磁共振信号。在此情况下，RF线圈单元可包括：至少一个第一相控阵列RF 线圈单元，产生具有与目标对象的表面水平的分量的磁场；以及第二相控阵列RF线圈单元，产生具有与目标对象的表面垂直的分量的磁场。

[0022] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括彼此电连接并被布置为彼此相反的两个导体表面。

[0023] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括至少一个导体表面和通过平行排列多条导线而形成的导线组，所述至少一个导体表面和导线组可彼此电连接并被布置为彼此相反。

[0024] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括通过平行排列多条导线而形成的第一导线组和通过平行排列多条导线而形成的第二导线组，第一导线组和第二导线组可彼此电连接并被布置为彼此相反。

[0025] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括被布置为彼此邻近以形成按照相反方向的磁场的两个环形结构。在此情况下，所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元可包括按照例如数字8的形状形成的至少一条导线。

[0026] 第二相控阵列RF线圈单元可包括彼此组合的多个环形线圈。

[0027] 可按照头盔形状来组合所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元和第二相控阵列RF线圈单元。在此情况下，可在头盔形状的顶部区域形成所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元。

[0028] 所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元或第二相控阵列RF线圈单元可将电磁波施加到目标对象，或从目标对象接收磁共振信号。

[0029] 根据本发明的另一示例性方面，一种磁共振成像设备包括：静磁场线圈单元，在目标对象周围形成静磁场；RF线圈单元，包括产生具有与静磁场正交的分量的磁场的至少一个第一相控阵列RF线圈单元以及产生具有与目标对象的表面垂直的分量的磁场的第二相控阵列RF线圈单元。

[0030] 在本发明的该示例性方面中，可按照头盔形状来组合所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元和第二相控阵列RF线圈单元，并且可在头盔形状的顶部区域形成所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元

[0031] 此外，可按照肩部和胸部盔甲形状来组合所述至少一个第一相控阵列RF 线圈单元和第二相控阵列RF线圈单元。在此情况下，可在肩部和胸部盔甲形状的肩部区域形成所述至少一个第一相控阵列RF线圈单元。

附图说明

[0032] 通过下面结合附图对示例性实施例进行的描述，本发明的这些和/或示例性方面将会对本领域普通技术人员变得更易于理解，其中：

[0033] 图1是示出根据本发明示例性实施例的相控阵列RF线圈模块的配置的示图；

[0034] 图2A、图2B和图2C是根据本发明示例性实施例的相控阵列RF线圈模块的透视图、正视图和侧视图；

[0035] 图2D是根据本发明另一示例性实施例的相控阵列RF线圈模块的正视图；

[0036] 图3A是根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0037] 图3B是示出由根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元产生的磁力线的示图；

[0038] 图4A是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0039] 图4B是示出由根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元产生的磁力线的示图；

[0040] 图5A和图5B是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0041] 图5C是示出由根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元产生的磁力线的示图；

[0042] 图6A和图6B是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0043] 图6C是示出由根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元产生的磁力线的示图；

[0044] 图6D是根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的电路图；

[0045] 图7A是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0046] 图7B是根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的电路图；

[0047] 图8A是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0048] 图8B是根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的电路图；

[0049] 图9A是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0050] 图9B是根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的电路图；

[0051] 图10是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0052] 图11A是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0053] 图11B是示出由根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元产生的磁力线的示图；

[0054] 图12是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图；

[0055] 图13是根据本发明示例性实施例的第二相控阵列RF线圈单元的示图；

[0056] 图14是根据本发明示例性实施例的放大器的电路图；

[0057] 图15是示出根据本发明示例性实施例的磁共振成像设备的配置的示图；

[0058] 图16是根据本发明示例性实施例的磁共振成像设备的透视图；

[0059] 图17是示出磁共振成像设备的示例的示图；

[0060] 图18是根据本发明另一示例性实施例的磁共振成像设备的透视图；

[0061] 图19是根据本发明另一示例性实施例的磁共振成像设备的透视图。

具体实施方式

[0062] 现将详细参照本发明的示例性实施例，其示例在附图中示出，其中，相同标号始终表示相同元件。

[0063] 图1是示出根据本发明示例性实施例的相控阵列RF线圈模块的配置的示图。

[0064] 如图1所示，根据本发明示例性实施例的相控阵列RF线圈模块10可包括第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200。

[0065] 第一相控阵列RF线圈单元100产生具有与目标对象(ob)的表面水平或者按照与目标对象(ob)的表面基本上水平的方向的分量的磁场。换句话说，如图1所示，由第一相控阵列RF线圈单元100产生的磁场的磁力线被表示为与目标对象(ob)的表面平行。

[0066] 然而，在这种情况下，由第一相控阵列RF线圈单元100产生的磁场并不总是在所有区域中与目标对象(ob)的表面水平(或基本上水平)。例如，在磁场入射到目标对象(ob)上的情况下，磁场的一部分可具有按照与目标对象(ob)的表面垂直的方向的分量。然而，由第一相控阵列RF线圈单元100 产生的磁场通常具有与目标对象(ob)的表面水平的分量。

[0067] 因此，当拉莫频带的RF电流被施加于第一相控阵列RF线圈单元100时，在第一相控阵列RF线圈单元100中产生以拉莫频率旋转的旋转磁场，并且这样的磁场的主要分量与目标对象(ob)的表面水平。由第一相控阵列RF线圈单元100产生的磁场引起目标对象(ob)中

的原子核的核磁共振(NMR)。因此,可在发送模式下使用第一相控阵列RF线圈单元100。

[0068] 此外,第一相控阵列RF线圈单元100可从目标对象(ob)接收磁共振信号。换句话说,可在接收模式下使用第一相控阵列RF线圈单元100。

[0069] 如上所述,当引起目标对象(ob)中的原子核的核磁共振(NMR)时,原子核的磁化矢量在一个平面上以拉莫频率旋转。上述旋转的磁化矢量根据法拉第定律在第一相控阵列RF线圈单元100中产生电动势。基于电动势在第一相控阵列RF线圈单元100中流动的电信号成为磁共振信号。

[0070] 第二相控阵列RF线圈单元200产生与目标对象(ob)的表面垂直或者按照几乎与目标对象(ob)的表面垂直的方向的磁场。更具体地,如图1所示,由第二相控阵列RF线圈单元200产生的磁场的磁力线被表示为与目标对象(ob)的表面正交。

[0071] 然而,在一些情况下,由第二相控阵列RF线圈单元200产生的磁场不能总是仅包括在所有区域中与目标对象(ob)的表面垂直的分量。磁场的一部分可具有针对线指定的角度或者与目标对象(ob)的表面正交的平面。然而,由第二相控阵列RF线圈单元200产生的磁场主要具有与目标对象(ob)的表面垂直的分量。

[0072] 按照与第一相控阵列RF线圈单元100相同的方式,当拉莫频带的RF电流被施加于第二相控阵列RF线圈单元200时,第二相控阵列RF线圈单元200 产生具有按照与目标对象(ob)的表面垂直方向的分量的磁场。由第二相控阵列RF线圈单元200产生的磁场还可引起目标对象(ob)中的原子核的核磁共振(NMR)。

[0073] 此外,第二相控阵列RF线圈单元200可从目标对象(ob)接收磁共振信号。因此,以与由第一相控阵列RF线圈单元100的磁共振信号的接收相同的方式,第二相控阵列RF线圈单元200可接收基于由第二相控阵列RF线圈单元200通过在目标对象(ob)中的原子核中引起的核磁共振(NMR)产生的电动势的核磁共振信号。

[0074] 如图1所示,相控阵列RF线圈模块10的第一相控阵列RF线圈单元100 和第二相控阵列RF线圈单元200可被连接到电源,诸如电源310。电源310 将电流提供到第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元 200,因此引起第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元 200产生具有水平方向的分量和垂直方向的分量的磁场。电源310可将拉莫频带的RF电流施加到第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200。

[0075] 线圈控制单元320控制电源310,从而电源310将电流提供到第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200或者停止将电流提供到第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200。此外,线圈控制单元320可控制提供到第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200的电流的强度。

[0076] 根据示例性实施例,第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF 线圈单元200可连接到放大器330或数据收集单元340。

[0077] 放大器330对由第一相控阵列RF线圈单元100或第二相控阵列RF线圈单元200接收的磁共振信号进行放大。由第一相控阵列RF线圈单元100或第二相控阵列RF线圈单元200接收的磁共振信号可能非常微弱。因此,放大器 330将磁共振信号放大到合适的强度。低噪声预放大器可被用作根据示例性实施例的放大器330。

[0078] 包括非暂时性机器可读存储器的数据收集单元340基于发送到第一相控阵列RF线

圈单元100、第二相控阵列RF线圈单元200或放大器330的磁共振信号或者放大的磁共振信号来收集关于目标对象(ob)(例如,人体的内部)的信息,并根据需要临时或非临时性地存储所述信息。

[0079] 图像处理单元350包括诸如处理器或微处理器的电路,并基于由数据收集单元340收集或存储在数据收集单元340中的磁共振信号或者放大的磁共振信号来产生磁共振图像。由图像处理单元350产生的磁共振图像被显示给用户,从而用户可以可视地确认目标对象(ob)的内部组织、材料和结构。

[0080] 以下,现将详细描述上述的相控阵列RF线圈模块10。

[0081] 图2A、图2B和图2C是根据本发明示例性实施例的相控阵列RF线圈模块的示图。

[0082] 如图2A、图2B和图2C所示,相控阵列RF线圈模块10可具有头盔形状。也就是说,可以以头盔形状来组合第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200。这里,我们假设垂直地穿过头盔形状的相控阵列RF 线圈模块10的上端(即,顶部区域)的虚线是Z轴。

[0083] 如果人体的头部是目标对象(ob),则头盔形状的相控阵列RF线圈模块 10可被用于对人体的头部的内部组织(例如,脑)进行成像。更详细地,头盔形状的相控阵列RF线圈模块10可被用于功能性脑成像或脑灌注成像。头盔形状的相控阵列RF线圈模块10围绕着整个头部,从而可更精确地从头部接收大量的磁共振信号。

[0084] 在这种情况下,如果使用磁共振成像设备对脑组织进行成像,则目标对象(即,人体的头部)被插入到头盔形状的相控阵列RF线圈模块10,并且在头盔形状的相控阵列RF线圈模块10的上部沿着Z轴形成静磁场。

[0085] 根据图2A至图2C所示的实施例,至少一个第一相控阵列RF线圈单元 100被布置在头盔形状的相控阵列RF线圈模块10的上端(即,顶部区域),并且第二相控阵列RF线圈单元200被布置在除了顶部区域之外的其它区域。

[0086] 如果外部磁场(例如,磁共振成像设备的静磁场)沿着Z轴形成并且第一相控阵列RF线圈单元100位于顶部区域的中心,则由第一相控阵列RF线圈单元100产生的磁场的主要分量可以与静磁场正交。也就是说,第一相控阵列RF线圈单元100可产生具有X轴或Y轴方向分量的磁场。

[0087] 图2D是根据本发明另一示例性实施例的相控阵列RF线圈模块的正视图。

[0088] 如图2D所示,可以以安装在人体的肩部和胸部上的肩部和胸部盔甲形状来形成相控阵列RF线圈模块10。例如,可以以肩部和胸部盔甲形状组合第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200并将其放置在目标上。假设在此特定示例中,当肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10被安装在人体(更详细地,肩部或胸部)上时,从人体的腿的位置延伸到人体的头部的位置的虚线是Z轴。

[0089] 肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10可被用于检查人的肩部或肩部的组织以及胸部区域(例如,肺、心)或者人体的肩部或胸部区域的内部器官(诸如,肩部肌肉或韧带以及关节腔)。本领域人员理解并领会,与人体的不同区域的外形相一致的类似结构落在要求保护的本发明的精神和范围之内。

[0090] 更详细地,肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10在磁共振成像中通常可覆盖肩部、胸部和上臂,从而从肩部或胸部接收磁共振信号。

[0091] 目标对象(即,人体的肩部或胸部)被插入到肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10。这里,人体的肩部和胸部均被插入到肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10。如果磁共振成像设备被用于获得人体的肩部或胸部区域的图像,则按照图2D的向下方向沿着Z轴来形成静磁场。

[0092] 根据图2D中示出的示例性实施例,至少一个第一相控阵列RF线圈单元 100被布置在上端,即,肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10的与肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10的表面正交的虚线与Z轴平行或者虚线与Z轴之间的角度足够小的区域,例如,肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10的肩部区域。在这种情况下,第二相控阵列RF线圈单元200可被布置在除了布置第一相控阵列RF线圈单元100的区域之外的其它区域,例如,围绕人体的胸部的肩部和胸部盔甲形状的相控阵列RF线圈模块10的区域。

[0093] 如果外部磁场(例如,磁共振成像设备的静磁场)沿着Z轴形成并且第一相控阵列RF线圈单元100位于肩部区域,则由第一相控阵列RF线圈单元 100产生的磁场的主要分量可以与静磁场正交。例如,如图2D所示,第一相控阵列RF线圈单元100可产生具有X轴或Y轴方向分量的磁场。

[0094] 上述图2A至图2D中示出的第一相控阵列RF线圈单元100与根据图4A 至图4B中示出的另一实施例中的第一相控阵列RF线圈单元(将在后面描述)类似,但并不限于此。布置在顶部区域的第一相控阵列RF线圈单元100可被应用于将通过图3A至图12示出的各个实施例。

[0095] 第二相控阵列RF线圈单元200可包括多个线圈元件。各个线圈元件可以是例如圆形或六边形的环形线圈,如图2A、图2B和图2C所示。

[0096] 由第二相控阵列RF线圈单元200的各个线圈元件产生的磁场可以根据头盔形状的相控阵列RF线圈模块10上的线圈元件的位置而与外部静磁场平行或正交。例如,按照与静磁场平行或与静磁场存在微小角度(即,基本上平行)的目标对象(ob)(例如,头部)的方向来形成由第二相控阵列RF线圈单元200的布置为靠近于顶部区域的线圈元件形成的磁场的分量。另一方面,按照与静磁场正交或与静磁场存在大的角度的目标对象(ob)的方向来形成由第二相控阵列RF线圈单元200的布置在头盔形状的相控阵列RF线圈模块 10的侧表面的线圈元件形成的磁场的分量。

[0097] 如果第二相控阵列RF线圈单元200取代于第一相控阵列RF线圈单元100 而位于顶部区域,则可以以与外部静磁场相同的方式,在Z轴方向按照与外部静磁场平行来形成由第二相控阵列RF线圈单元200产生的磁场。仅通过具有与静磁场正交的分量的磁场来确定相控阵列RF线圈模块10的接收敏感度。因此,如果第二相控阵列RF线圈单元200位于与顶部区域最靠近,并从而产生与静磁场平行的或与静磁场几乎平行的磁场,即,产生按照Z轴方向的磁场,并且对磁共振信号的接收敏感度可能会相对低。

[0098] 因此,如图2A至图2C所示,如果第一相控阵列RF线圈单元100被布置在顶部区域,则第一相控阵列RF线圈单元100产生与静磁场垂直的分量的磁场,从而可提高对磁共振信号的接收敏感度。

[0099] 在使用相控阵列RF线圈模块10产生磁共振图像中,基于关于由第一相控阵列RF线圈单元100获得的目标对象(ob)的信息来产生顶部区域的磁共振图像,并通过第二相控阵列RF线圈单元200获得其它区域的磁共振图像。因此,可提高最终产生的磁共振图像的信号

噪声比。

[0100] 第二相控阵列RF线圈单元200的各个线圈元件的相对空间位置彼此不同。因此，由各个线圈元件接收的磁共振信号的相位不同。因此，当基于由第二相控阵列RF线圈单元200的各个线圈元件接收的信号来产生图像时，可考虑线圈元件的接收的相位来提高图像的信号噪声比。

[0101] 可按照统一间隔来排列第二相控阵列RF线圈单元200的各个线圈元件。然而，如图2A、图2B和图2C所示，可将线圈元件排列为使得邻近的线圈元件彼此重叠以最小化邻近的线圈元件之间的电磁耦合。

[0102] 为了稳定地握住头盔形状的相控阵列RF线圈模块10，相控阵列RF线圈模块10可包括固定第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200的头盔形状框架90(图2A)。在这种情况下，头盔形状框架可以是设置有安装在内侧或外侧的第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF 线圈单元200的外罩。

[0103] 以下，现将描述根据各种示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元10。

[0104] 图3A和图3B是示出根据本发明示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图。如图3A和图3B所示，第一相控阵列RF线圈单元100可包括按照矩形形状并与指定轴(例如，Z轴)倾斜了指定所夹角度θ的导线110。这里在该示例中，指定所夹角度θ可以是0度，或者与0度接近的角度。在磁共振成像设备中的情况下，Z轴方向可以是外部磁场的方向，例如，静磁场的方向。

[0105] 如图3A所示，当从外部电源310提供的电流“I”沿着按照顺时针方向的导线111到114转动时，如图3B所示，围绕第一相控阵列RF线圈单元100 的导线111和113产生磁场B、B1和B2。根据各种示例性实施例，电流I可以是拉莫频率的AC，在这种情况下，产生的磁场可以是具有与电流I相同振动频率的AC磁场。

[0106] 如图3B所示，产生的磁场B、B1和B2具有与Z轴垂直的X轴分量和Y 轴分量。如果所夹角度足够小，例如，具有与0度接近的值，则磁场的垂直于Z轴的分量(例如，X轴分量或Y轴分量)进一步增加。由于对磁共振信号的敏感度随着X轴分量或Y轴分量增加而增加，故可由包括按照矩形形状形成的导线110的第一相控阵列RF线圈单元100充分地增加磁共振信号的接收敏感度。如果所夹角度接近90度，则第一相控阵列RF线圈单元100变为与第二相控阵列RF线圈单元200基本上相同，从而X轴分量或Y轴分量变为相对很小。因此，仅Z轴分量实质上存在，从而未提高接收灵敏度。

[0107] 继续参照图3B，由第一相控阵列RF线圈单元100的成像区域“R”位于由位于靠近目标对象(ob)的导线113产生的按照目标对象(ob)的方向的磁场B2的一部分(例如，图3B的位于导线110中的较低的导线113之下的磁场B2的一部分)内。换句话说，如图3A和图3B所示，如果形成了第一相控阵列RF线圈单元100，则在导线113之下产生包括垂直于Z轴的分量(例如，垂直于磁共振成像设备中的静磁场的分量，即，包括X轴分量和Y轴分量的磁场)的磁场，从而可接收合适的磁共振成像信号。

[0108] 图4A和图4B是示出根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF 线圈单元的示图。如图4A和图4B所示，第一相控阵列RF线圈单元100可包括布置为彼此相反的两个导体表面，即，第一导体表面121和第二导体表面 122。

[0109] 两个导体表面121和122可被平行布置。当然，导体表面121和122两者不总是被平

行布置，其也并不是实施本发明的所必需。各个导体表面121 和122可以在指定点与导体结构(例如，导线123a至123d)组合。例如，第一导体表面121在第一点123a1连接到第一导线123a或在第二点123b1连接到第一导线123b。以相同方式，第二导体表面122在第三点123a2连接到第一导线123a或在第四点123b2连接到第二导线123b。结果，第一导体表面121和第二导体表面122可通过导体结构(例如，导线123a至123d)而电连接。

[0110] 当通过例如第二导线123b来施加从电源310提供的电流时，片形(sheet type)电流J在第一导体表面121和第二导体表面122中流动。换句话说，形成片形电流密度。这里，如图4A所示，片形电流J在第一导体表面121中流动，片形电流按照相反方向在第二导体表面122中流动，如图4B所示，根据沿着导体表面121和122的片形电流J产生具有垂直于Z轴的分量的磁场 B1和B2。

[0111] 按照与先前的示例性实施例相同的方式，成像区域“R”位于由与目标对象(ob)相对近的导体表面(即，第二导体表面122)产生的按照目标对象(ob)的方向的磁场B2的一部分(例如，图4B的位于第二导体表面122之下的磁场B2的一部分)内。换句话说，如图4A和图4B所示，如果形成了第一相控阵列RF线圈单元100，则在靠近目标对象(ob)的导体表面(例如，第二导体表面122)之下产生包括垂直于静磁场(目标对象(ob)暴露于该静磁场)的分量的磁场，从而可接收合适的磁共振成像信号。

[0112] 在这种情况下，可获得具有X轴分量或Y轴分量的宽区域磁场，从而可获得对磁共振信号的接收灵敏度高的宽区域。

[0113] 图5A至图5C是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图。如图5A和图5B所示，第一相控阵列RF线圈单元100可包括至少一个导体表面131和通过平行排列多条导线132a至132d形成的导线组132。这里，导线组132的多条导线132a至132d可被平行连接。

[0114] 根据示例性实施例，导体表面131和导线组132可被布置为彼此相反。在这种情况下，导体表面131和导线组132可被平行布置。然而，本领域人员应理解本发明中的环形导体表面131和导线组132不总是被平行布置，连接到导体表面131和导线组132的各条虚线可在指定的外部点穿过彼此。此外，如图5A所示，根据一个示例性实施例，导体表面131和导线组132可被布置为使得导线组132比导体表面131到目标对象(ob)相对更近，或者如图5B所示，根据另一示例性实施例，导体表面131和导线组132可被布置为使得导体表面131比导线组132到目标对象(ob)相对更近。

[0115] 导体表面131和导线组132可通过导体结构(例如，导线133和134)而电连接。如图3A和图3B或图4A和图4B所示，如先前的示例性实施例中所述，连接导体表面131和导线组132的导线133和134中的至少一条可连接到外部电源。以下，在第一相控阵列RF线圈单元100的描述中，将从附图中省略外部电源。

[0116] 当外部电源提供电流时，提供的电流通过例如一条导线133被引入到第一相控阵列RF线圈单元100。随后，电流I1在导线组132的各条导线132a 至132d中流动，片形电流J在第一导体表面131中流动。如果各条导线132a 至132d被平行连接，则在导线组132的各条导线132a至132d中流动的电流 I1可具有通过按照导线组132的导线132a至132d的数量来划分引入的电流的强度而获得的强度。例如，如图5A所示，如果导线组132包括四条导线，则在各条导线132a至132d中流动的电流I1的强度可以是引入的电流的强度的四分之一。然而，

如果各条导线132a至132d的电阻不同，则在各条导线 132a至132d中流动的电流的强度可以不同。

[0117] 在这种情况下，如图5A所示，在导线组132中流动的电流I1和在第一导体表面131中流动的片形电流J按照相反方向流动。结果，如图5C所示，产生具有垂直于Z轴的分量的磁场B1和B2。

[0118] 如图5A所示，如果导线组132比导体表面131更靠近目标对象(ob)，则用于磁共振成像的成像区域R位于由导体表面131和导线组132产生的按照目标对象(ob)的方向的磁场B1和B2中更靠近目标对象(ob)的磁场B2 的一部分(例如，图5C的位于导线组132之下的磁场B2的一部分)之内。换句话说，如果第一相控阵列RF线圈单元100包括彼此电连接并被平行布置的导体表面131和导线组132，在更靠近目标对象(ob)的导线组132之下产生包括垂直于Z轴的分量的磁场(即，静磁场)，从而第一相控阵列RF线圈单元100可接收合适的宽区域磁共振成像信号。按照相同的方式，如图5B 所示，如果导体表面131比导线组132更靠近目标对象(ob)，则在比导线组 132更靠近目标对象(ob)的导体表面131之下产生包括垂直于Z轴的分量的磁场(即，静磁场)，从而第一相控阵列RF线圈单元100可接收合适的宽区域磁共振成像信号。

[0119] 如上所述，如果第一相控阵列RF线圈单元100包括导体表面131和导线组132，则可避免在导体表面的端部上的片形电流的聚集，从而可稳定地产生磁场。

[0120] 如果导线组132包括足够大量的导线，则根据本示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元100可产生基本上与由根据图4A和图4B所示并在上面描述的先前的示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元100产生的磁场相同或相似的磁场。

[0121] 图6A至图6D是示出根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF 线圈单元的示图。如图6A至图6D所示，第一相控阵列RF线圈单元100可包括通过平行排列多条导线141a至141e形成的第一导线组141以及通过平行排列多条导线142a至142d形成的第二导线组142。这里，如图6A至图6D 所示，各个导线组141和142的多条导线141a至141e和142a至142d可被平行连接。

[0122] 根据示例性实施例，第一导线组141和第二导线组142可被布置为彼此相反。在这种情况下，虽然第一导线组141和第二导线组142可被平行布置，但是根据各种示例性实施例，第一导线组141和第二导线组142可被布置为使得连接到第一导线组141和第二导线组142的各条虚线可在指定的外部点穿过彼此。

[0123] 根据示例性实施例，如图6A所示，第一导线组141和第二导线组142 还可针对导线141a至141e和142a至142d均还包括不同数量的导线。例如，第一导线组141可包括五条导线141a至141e，第二导线组142可包括四条导线142a至142d。在这种情况下，第一相控阵列RF线圈单元100可被设计为使得具有更大数量的导线141a至141e的导线组141比其它导线组更靠近目标对象(ob)，或可被设计为使得具有更小数量的导线142a至142d的导线组142比其它导线组更靠近目标对象(ob)。

[0124] 根据另一示例性实施例，如图6B所示，第一导线组141和第二导线组 142可针对导线141a至141e和142a至142e均包括相同数量的导线。例如，第一导线组141和第二导线组142可包括五条导线141a至141e以及142a至 142e。

[0125] 第一导线组141的导线141a至141e和第二导线组142的导线142a至 142e的数量可

被确定为使得通过电磁数值分析在成像区域R中形成统一磁场。

[0126] 第一导线组141和第二导线组142可通过导体结构(例如,导线143和 144)而电连接。如上所述,导线143和144中的至少一条可连接到外部电源。

[0127] 以与上面的描述相同的方式,如图6D所示,当电源310提供电流时,提供的电流通过一条导线143或144被引入到第一相控阵列RF线圈单元100的第一导线组141和第二导线组142中的一个。随后,电流沿着第一导线组141 的多条导线141a至141e以及第二导线组142的多条导线142a至142d流动。

[0128] 在这种情况下,如图6A所示,沿着第一导线组141的多条导线141a至 141e流动的电流以及沿着第二导线组142的多条导线142a至142d流动的电流按照相反的方向流动。结果,如图6C所示,产生具有垂直于Z轴的分量的磁场B1和B2。

[0129] 如图6C所示,成像区域R位于多个导线组141和142中最靠近目标对象(ob)的导线组(例如,第二导线组142)之下。换句话说,如果第一相控阵列RF线圈单元100包括多个导线组,例如,第一导线组141和第二导线组142,则在最靠近目标对象(ob)的第二导线组142之下产生包括垂直于Z轴的分量(即,X轴分量和/或Y轴分量)的磁场(即,静磁场),从而可以通过最靠近目标对象(ob)的导线组(例如,第二导线组142)以高接收灵敏度接收合适的磁共振成像信号。

[0130] 如果第一相控阵列RF线圈单元100包括彼此电连接并被布置为彼此相反的第一导线组141和第二导线组142,则可避免由于由涡电流引起的洛伦兹力而导致的振动或噪声,并且可避免梯度磁场的性能降低。

[0131] 图7A和图7B是示出根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF 线圈单元的示图。如图7A和图7B所示,第一相控阵列RF线圈单元100可包括四个导线组,即,第一导线组151至第四导线组154。

[0132] 各个导线组151至154包括平行布置的多条导线151a至151e、152a至 152e、153a至153d和154a至154d。如图7A或图7B所示,各个导线组151 和154的多条导线151a至151e、152a至152e、153a至153d和154a至154d 可被平行地电连接。

[0133] 第一导线组151和第二导线组152被布置为彼此最靠近并彼此顺序连接。第一导线组151和第二导线组152通过导体结构(例如,第一导线155)而串行电连接。此外,第三导线组153和第四导线组154被布置为彼此最靠近并彼此顺序连接。第三导线组153和第四导线组154通过导体结构(例如,第二导线156)而串行电连接。

[0134] 如图7A所示,第一导线组151和第二导线组152以及第三导线组153 和第四导线组154被彼此相反安装。第一导线组151和第二导线组152以及第三导线组153和第四导线组154可被布置为彼此平行。

[0135] 根据示例性实施例,第一导线组151至第四导线组154可包括不同数量的导线或包括相同数量的导线,并且多个导线组151至154的至少两个导线组(例如,第一导线组151和第二导线组152)可包括相同数量的导线151a 至151e和152a至152e。

[0136] 例如,如图7A和图7B所示,第一导线组151和第二导线组152可包括五条导线151a至151e和152a至152e,第三导线组153和第四导线组154 可包括四条导线153a至153d和154a至154d。在这种情况下,第一相控阵列RF线圈单元100可安装在相控阵列RF线圈模块10上以使得第一导线组 151和第二导线组152最靠近目标对象(ob),或安装在相控阵列RF线

圈模块10上以使得第三导线组153和第四导线组154最靠近目标对象(ob)。在任何事件中，每组的导线的数量以及组的数量仅是示意性地用于解释的目的，并且权利要求并不限于这些数量。

[0137] 以如上所述的相同的方式，第一导线组151至第四导线组154的导线的数量可被确定为使得通过电磁数值分析在成像区域R中形成统一磁场。

[0138] 如图7B所示，在该示例中的第一导线组151通过导体结构(例如，第三导线157)连接到第三导线组153，第二导线组152通过导体结构(例如，第四导线158)连接到第四导线组154。如上所述，第三导线157和第四导线 158中的至少一条可连接到外部电源310。

[0139] 如图7B所示，电源310通过例如第四导线158将电流提供到例如第二导线组152。随后，沿着第二导线组152(具体地，第二导线组152的各条导线 152a至152e)流动的电流顺序流过串行连接到第二导线组152的第一导线组 151、第三导线组153和第四导线组154。结果，如图7A所示，在第一导线组151和第二导线组152中流动的电流的方向以及在第三导线组153和第四导线组154中流动的电流的方向相反。因此，与图6C的描述相同，通过在第一导线组151和第二导线组152中流动的电流以及在第三导线组153和第四导线组154中流动的电流而产生具有垂直于Z轴的分量的磁场B1和B2。

[0140] 如上所述，成像区域R位于多个导线组151至154中最靠近目标对象(ob)的导线组(例如，第三导线组153和第四导线组154的按照目标对象(ob)的方向的一部分)之下，即，在第三导线组153和第四导线组154之下。换句话说，根据本示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元100在第三导线组 153和第四导线组154之下产生包括垂直于Z轴的分量(即，X轴分量和/或 Y轴分量)的磁场，从而可接收磁共振成像信号。

[0141] 图8A和图8B是示出根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF 线圈单元的示图，图9A和图9B是示出根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图。如图8A和图8B所示，除了第一导线组141和第二导线组142之外，第一相控阵列RF线圈单元100还可包括至少一个电容，例如，第一电容144a和第二电容144b。电容144a和144b可安装在连接第一导线组141和第二导线组142的导体结构(例如，导线143和144)上。第一相控阵列RF线圈单元100的线圈可由电容144a和144b划分。放大器 330可与导线143或144组合，其中，导线143或144与电容144a或144b 组合(例如，如图8B所示，导线143与第二电容144b组合)。由于电容144a 和144b以及放大器330可减小线圈元件(例如，第一相控阵列RF线圈单元 100和第二相控阵列RF线圈单元200的各个线圈元件)之间的电磁耦合并对磁共振成像信号进行放大，故第一相控阵列RF线圈单元100可有效地接收磁共振成像信号。这将在后面进行描述。

[0142] 以相同的方式，如图9A和图9B所示，第一相控阵列RF线圈单元100 还可包括电容，例如，与连接第一导线组151和第二导线组152的导线155 组合的第三电容155a以及与连接第三导线组153和第四导线组154的导线 156组合的第四电容155b。此外，第五电容157a可以与连接第一导线组151 和第三导线组153的导线157组合，第六电容158a可以与连接第二导线组 152和第四导线组154的导线158组合。在这种情况下，放大器330可以与导线157(其与第五电容157a组合)以及导线158(其与第六电容158a组合)中的一个组合。如上所述，电容155a至158a以及放大器330可减小线圈元件之间的电磁耦合并对磁共振成像信号进行放大。

[0143] 图10是根据本发明另一示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元的示图。第一相控阵列RF线圈单元100可以以指定曲率弯曲。例如，如图2A至图2C所示，如果第一相控阵列RF线圈单元100与头盔形状的相控阵列RF线圈模块10组合，则第一相控阵列RF线圈单元100需要以指定曲率弯曲以使得相控阵列RF线圈模块10可以以头盔形状形成或与头盔形状的外罩稳定地组合。因此，根据图4A和图4B示出的实施例，如果第一相控阵列RF线圈单元100包括彼此电连接并被布置为彼此相反的两个导体表面121和122，则如图10所示，第一相控阵列RF线圈单元100可以以指定曲率弯曲。虽然未在附图中示出，但是根据除了图4A和图4B中示出的实施例之外的其它上述示例性实施例的第一相控阵列RF线圈单元100可以以指定曲率弯曲。

[0144] 图11A和图11B以及图12是示出根据本发明其它实施例的第一相控阵列 RF线圈单元的示图。如图11A至图12所示，第一相控阵列RF线圈单元100 可包括布置为彼此邻近以形成按照相反方向的磁场B1和B2的两个环形结构。

[0145] 如图11A和图11B所示，可通过一条导线160来形成两个环形结构，并且如图12所示，可通过两条导线161和162来形成两个环形结构。

[0146] 如图11A和图11B所示，如果第一相控阵列RF线圈单元100包括形成两个环形结构的一条导线160，则可按照数字8的形状来形成导线160。如果按照数字8的形状来形成导线160，则沿着数字8的形状的左环形或右环形流动的电流也沿着左环形或右环形流动。然而，沿着左环形或右环形流动的电流的方向相反。例如，如图11A所示，当在左环形中流动的电流按照顺时针方向传导时，在右环形中流动的电流按照逆时针方向传导。那么，如图11B 所示，根据安培的右手螺旋法则，在左环形处产生按照向下方向的磁场B1，并在右环形处产生按照向上方向的磁场B2。这里，在数字8的形状的第一相控阵列RF线圈单元100之下形成具有与第一相控阵列RF线圈单元100水平的分量的磁场。

[0147] 因此，如果数字8的形状的第一相控阵列RF线圈单元100与Z轴的方向(例如，静磁场)正交，则产生具有与Z轴正交的X轴分量和Y轴分量的磁场，从而数字8的形状的第一相控阵列RF线圈单元100可以以高接收灵敏度接收从目标对象(ob)产生的磁共振成像信号。

[0148] 如图12所示，如果第一相控阵列RF线圈单元100包括形成两个邻近环形结构的多条导线161和162，则当按照相反方向传导的电流沿着多条导线161和162流动时，按照与上述相同的方式来产生按照相反方向的磁场B1和 B2。那么，在第一相控阵列RF线圈单元100之下形成具有与第一相控阵列 RF线圈单元100水平的分量的磁场。

[0149] 因此，如图12所示，如果包括多条导线161和162的第一相控阵列RF 线圈单元100被与Z轴正交地安装在相控阵列RF线圈模块10上，则产生具有与Z轴正交的X轴分量和Y轴分量的磁场，从而第一相控阵列RF线圈单元 100可以以高接收灵敏度接收从目标对象(ob)产生的磁共振成像信号。

[0150] 根据示例性实施例，可按照如图12所示的矩形形状、圆形形状、六边形状或其它多边形状来形成多条导线161和162。

[0151] 图13是根据本发明一个实施例的第二相控阵列RF线圈单元的示图。如图13所示，第二相控阵列RF线圈单元200可包括多个线圈元件，每个线圈元件包括按照圆形或多边形形状形成的至少一条导线。这里，线圈元件可以是环形线圈。当电流沿着圆形或多边形形状导线传导时，在圆形或多边形内部空间产生磁场。如果电流I按照图13的顺时针方向沿着导

线流动时，根据安培的右手螺旋法则而产生按照图13的向下方向的磁场B。

[0152] 虽然未在附图中示出，但是第二相控阵列RF线圈单元200的多个线圈元件可具有2d平面形状，或根据安装在头盔形状的相控阵列RF线圈模块10上的线圈元件的位置而具有指定的曲率。例如，布置在头盔形状的相控阵列RF 线圈模块10的具有大曲率的位置处的线圈元件可具有相应的曲率。

[0153] 如图2A到图2C所示，第二相控阵列RF线圈单元200的各个线圈元件(例如，环形线圈)可以与其它线圈元件重叠。

[0154] 返回参照图1，根据各个示例性实施例，相控阵列RF线圈模块10可连接到放大器330。为了允许相控阵列RF线圈模块10有效地接收磁共振成像信号，放大器330连接到相控阵列RF线圈模块10。

[0155] 根据各个示例性实施例，放大器330可连接到相控阵列RF线圈模块10 的第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200两者。此外，相控阵列RF线圈模块10可连接到多个放大器330，并且独立的放大器 330可被分别分配给第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200。在这种情况下，各个放大器330可单独地电连接到第一相控阵列 RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200。此外，放大器330可仅连接到第一相控阵列RF线圈单元100和第二相控阵列RF线圈单元200中的一个。

[0156] 如图14所示，连接到相控阵列RF线圈模块10的放大器330可包括例如低噪声预放大器331。

[0157] 可使用放大器330来减小线圈元件之间的电磁耦合。图14是根据本发明一个实施例的连接到相控阵列RF线圈模块的放大器的电路图。参照图14，在左侧的线圈元件(例如环形线圈)可包括划分环形线圈的多个电容Ct，以使得线圈元件上的电流分布以操作频率统一。当操作频率高时，电容Ct的数量可增加以提高线圈元件的性能。根据示例性实施例，在左侧的线圈元件可以是上述的第一相控阵列RF线圈单元100。在图8A和图8B以及图9A和图9B中示出的上述示例性实施例示出第一相控阵列RF线圈单元100的由多个电容Ct的划分。

[0158] 第一相控阵列RF线圈单元100的线圈元件可连接到具有低输入阻抗(例如，大约1Ω)的预放大器331。在这种情况下，如图14所示，在线圈元件与预放大器331之间提供多个电容C1至C3以及电感L，从而执行阻抗变换。可通过调节电容C1至C3以及电感L的值来将线圈元件的阻抗增加多于预放大器331上的阻抗的几百倍。如果按照这样的方式来配置放大器330，则可减小线圈元件与邻近线圈元件之间的耦合。

[0159] 图15和图16是示出根据本发明示例性实施例的磁共振成像设备的配置的示图，图17是示出磁共振成像设备的示图。图15和图16中示出的磁共振成像设备可包括腔体(bore)400、线圈控制单元320、放大器330、数据收集单元340和图像处理单元350。

[0160] 如图15和图16所示，腔体400是磁共振成像设备的主体，当目标对象(ob)被放置到腔体400内时，磁共振成像设备使用磁共振来执行目标对象(ob)的磁共振成像。具体地，腔体400可设置有针对目标对象(ob)形成磁场并产生原子核的共振的线圈单元410。

[0161] 如图15和图16所示，线圈单元410可包括静磁场线圈单元411、梯度线圈单元412和RF线圈单元413(在图16中)或413a(在图18中)。

[0162] 静磁场线圈单元411产生静磁场以对分布在人体中的原子中的产生磁共振的原子(例如，诸如氢、磷和钠的原子)的原子核进行磁化。静磁场线圈单元411由超导电磁铁或永

磁铁形成。为了产生大于0.5特斯拉的高磁通密度的磁场，使用超导电磁铁。当诸如氢、磷和钠的原子的原子核暴露于静磁场时，原子核被磁化，并且原子核的磁化矢量围绕静磁场进动。

[0163] 由静磁场线圈单元411产生的静磁场通常与腔体400驱动轴平行。换句话说，如图17所示，按照Z轴方向来形成静磁场。如果目标对象(ob)是人体，则从人体的头部到脚趾来产生静磁场。

[0164] 梯度线圈单元412在腔体400中产生空间线性梯度磁场。梯度线圈单元 412可使用图17所示的按照X轴、Y轴和Z轴方向形成梯度磁场的三种类型的梯度线圈以获得磁共振图像。当由主磁场产生的诸如氢、磷和钠的原子的原子核的磁化矢量在横向平面上旋转时，梯度线圈空间地控制磁化矢量的旋转频率或相位，从而可按照空间频率区域(即，k空间)来表述磁共振成像信号。

[0165] RF线圈单元413在横向平面上与所述平面平行地产生用于旋转由静磁场产生的磁化矢量的RF磁场。

[0166] 上述的相控阵列RF线圈模块10可被用作RF线圈单元413。如上所述，相控阵列RF线圈模块10包括产生具有与目标对象的表面水平的分量的磁场的第一相控阵列RF线圈单元100以及按照与目标对象的表面的水平方向形成并产生具有与目标对象的表面垂直的分量的磁场的第二相控阵列RF线圈单元200中的至少一个。这里，第一相控阵列RF线圈单元100可以是根据上述几个实施例的第一相控阵列RF线圈单元中的一个。

[0167] 当拉莫频带的RF电流被施加于RF线圈单元413或413a时，RF线圈单元413或413a根据施加的RF电流产生以拉莫频率旋转的旋转磁场。当旋转磁场和磁化矢量彼此共振时，磁化矢量以拉莫频率在横向平面上与所述平面平行地旋转。这里，根据磁化矢量的旋转在RF线圈单元413的RF线圈上产生电动势。当产生的电动势被RF放大器放大并且拉莫频率的正弦波被解调时，获得基带的磁共振信号。因此，可通过RF线圈单元413接收磁共振信号。

[0168] 根据各种示例性实施例，RF线圈单元413可包括执行产生旋转磁场和接收磁共振信号的两种功能的RF线圈，例如，第一相控阵列RF线圈单元100 或第二相控阵列RF线圈单元200。此外，RF线圈单元413可包括独立地执行产生旋转磁场和接收磁共振信号的功能的多种类型的RF线圈。也就是说，RF 线圈单元413的一些RF线圈可以是产生旋转磁场的发送专用线圈，RF线圈单元413的其它RF线圈可以是接收磁共振信号的接收专用线圈。

[0169] 线圈控制单元320产生制定控制信号，并从而控制腔体400的线圈单元 410的操作。线圈控制单元320可包括控制静磁场线圈单元411的静磁场控制器321、控制梯度线圈单元412的梯度磁场控制器322和控制RF线圈单元 413的RF线圈控制器323。

[0170] 线圈控制单元320的各个控制器321到323根据从外部或存储的设置输入的控制指令来将控制信号发送到静磁场线圈施加单元311、梯度线圈施加单元312或RF线圈施加单元313，并且具有接收的控制信号的静磁场线圈施加单元311、梯度线圈施加单元312或RF线圈施加单元313将电流施加到静磁场线圈单元411、梯度线圈单元412或RF线圈单元413，从而静磁场线圈单元411、梯度线圈单元412或RF线圈单元413可在腔体400中产生磁场。

[0171] 放大器330将从原子核产生的磁共振信号进行放大，或减小线圈单元410 的各个线圈元件的邻近线圈元件之间的耦合。根据一个示例性实施例，在图 14中示出的上述放大器可用作放大器330。

[0172] 数据收集单元340检测从原子核产生或由放大器330放大的磁共振信号的相位，并将通过相位检测获得的模拟信号转换为数字信号。根据各种示例性实施例，数据收集单元340可临时或非临时地存储转换的数字信号。

[0173] 图像处理单元350基于获得的关于磁共振图像的数据来产生磁共振图像。具体地，图像处理单元350通过对获得的关于磁共振图像的数据执行2d 傅里叶逆变换来重新配置目标对象(ob)的图像。

[0174] 磁共振成像设备可连接到信息处理设备430。信息处理设备430可根据使用操作单元431(例如，键盘、鼠标、触摸屏或跟踪球)的用户操作来控制磁共振成像设备的全部操作。此外，信息处理设备430可通过显示单元432 (例如，监视器)向用户显示由图像处理单元350产生的磁共振图像。

[0175] 图18是根据本发明另一示例性实施例的磁共振成像设备的透视图。

[0176] 如图18所示，RF线圈单元413a可安装在头盔形状的外罩中以对人体的头部区域进行成像。也就是说，RF线圈单元413a可以是图2A至图2C中示出的相控阵列RF线圈模块10。用户还能够穿上图2D中示出的肩部和胸部盔甲形状的RF线圈单元413b来代替戴到头部的线圈单元413a。

[0177] 在这种情况下，至少一个第一相控阵列RF线圈单元100可被布置在RF 线圈单元413a的顶部区域，并且第二相控阵列RF线圈单元200可被布置在除了顶部区域之外的其它区域。随后，第一相控阵列RF线圈单元100可产生具有与目标对象(ob)水平的分量的磁场，即，图17中所示的具有与Z轴(即，静磁场)正交的X轴分量和Y轴分量的磁场。

[0178] 在磁共振图像中，仅由具有与静磁场线圈单元411产生的静磁场正交的分量的磁场来确定线圈单元的接收灵敏度。因此，如果第二相控阵列RF线圈单元200安装在顶部区域，则产生与静磁场水平的磁场，从而线圈单元的接收灵敏度会低。然而，如上所述，如果第一相控阵列RF线圈单元100安装在顶部区域，则第一相控阵列RF线圈单元100产生具有与静磁场正交的分量的磁场，从而提高在顶部区域的接收灵敏度。因此，还提高了在顶部区域的磁共振图像的信号噪声比。因此，可容易地获得需要高信号噪声比的磁共振图像(诸如，功能性脑图像或脑灌注图像)。

[0179] 图19是根据本发明另一实施例的磁共振成像设备的透视图。

[0180] 如图19所示，RF线圈单元413b可具有肩部和胸部盔甲形状以对人体的肩部和胸部进行成像。也就是说，RF线圈单元413b可以是图2D中示出的相控阵列RF线圈模块10。在这种情况下，RF线圈单元413b可安装在并固定于肩部和胸部盔甲形状的外罩。

[0181] 在肩部和胸部盔甲形状的RF线圈单元413b中，至少一个第一相控阵列 RF线圈单元100可安装在RF线圈单元413b的肩部区域，并且第二相控阵列 RF线圈单元200可安装在除了肩部区域之外的其它区域，例如，安装在人体的上臂或胸部上的RF线圈单元413b的区域。

[0182] 肩部区域，具体地，肩部区域的上端部与静磁场的方向正交，或具有与静磁场几乎接近直角的角度。换句话说，肩部区域的上端部朝向X轴或Y轴方向，或者朝向几乎接近X轴或Y轴方向的方向。第一相控阵列RF线圈单元 100产生具有与目标对象(ob)的表面水平的分量的磁场。静磁场与Z轴平行或几乎与Z轴平行。因此，如果第一相控阵列RF线圈单元100安装在肩部区域，则由第一相控阵列RF线圈单元100产生的磁场包括与静磁场正交的分量。

[0183] 因此，如上所述，如果第一相控阵列RF线圈单元100安装在肩部区域，则第一相控阵列RF线圈单元100产生具有与静磁场正交的分量的磁场，并从而提高在肩部区域的接收灵敏度。此外，还可提高在肩部区域的磁共振图像的信号噪声比。

[0184] 通过上述描述清楚的是，根据本发明示例性实施例的相控阵列RF线圈模块和使用相控阵列RF线圈模块的磁共振成像设备可以以高接收灵敏度接收从目标对象产生的磁共振信号，从而提高信号噪声比。

[0185] 此外，相控阵列RF线圈模块和使用相控阵列RF线圈模块的磁共振成像设备可避免由于使用仅包括环形线圈的相控阵列RF线圈模块而产生的信号噪声比的降低。

[0186] 此外，如果按照头盔形状形成相控阵列RF线圈模块，则头盔形状的相控阵列RF线圈模块可避免在顶部区域的磁共振图像的信号噪声比的降低。因此，可提供适应于由人体的脑成像(例如，功能性脑成像或脑灌注成像，在所述功能性脑成像或脑灌注成像中，以高速多次获得3D图像，并从这些时间序列图像获得脑活动等级或脑灌注流动率)所需的高信号噪声比的相控阵列 RF线圈模块和使用相控阵列RF线圈模块的磁共振成像设备。

[0187] 此外，可减小磁共振成像的成像时间。

[0188] 根据本发明的上述方法可以以硬件、固件实现，或者被实现为配置硬件用于操作并可被存储在非暂时机器可读介质(诸如，CD ROM、DVD、RAM、软盘、硬盘或磁光盘(诸如，光磁软盘))上的软件或计算机代码或者通过网络下载的原始存储在远程记录介质或非暂时机器可读存储介质上并存储在本地非暂时记录介质上的计算机代码，从而在此所述的方法可被载入到诸如通用计算机或者专用处理器或可编程或专用硬件(诸如，ASIC或FPGA)中。如在本领域中所理解的，计算机、处理器、微处理器控制器或可编程硬件包括可存储或接收当由计算机、处理器或硬件访问和执行时实现在此所述的处理方法的软件或计算机代码的存储部件，例如，RAM、ROM、闪存等。此外，将认识到，当通用计算机访问用于实现在此示出的处理的代码时，所述代码的执行将通用计算机转变为用于执行在此示出的处理的专用计算机。此外，本领域人员理解并领会，“处理器”或“微处理器”包括要求保护的本发明的硬件。在最宽的合理解释下，权利要求构成符合美国法典第35章第101款的法定的主题。在此使用的术语“单元”或“模块”将被理解为在构成美国法典第35 章第101款的法定的主题的最宽的合理解释下并且本质上不等同于软件。当单元或模块包括机器可执行代码时，将理解非暂时机器可读介质包含被载入到诸如处理器或控制器硬件中用于执行的机器可执行代码。

[0189] 虽然已经示出和描述了本发明的一些示例性实施例，但是本领域人间将理解，在不脱离本发明的原理和精神的情况下可对这些示例性实施例进行改变，本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

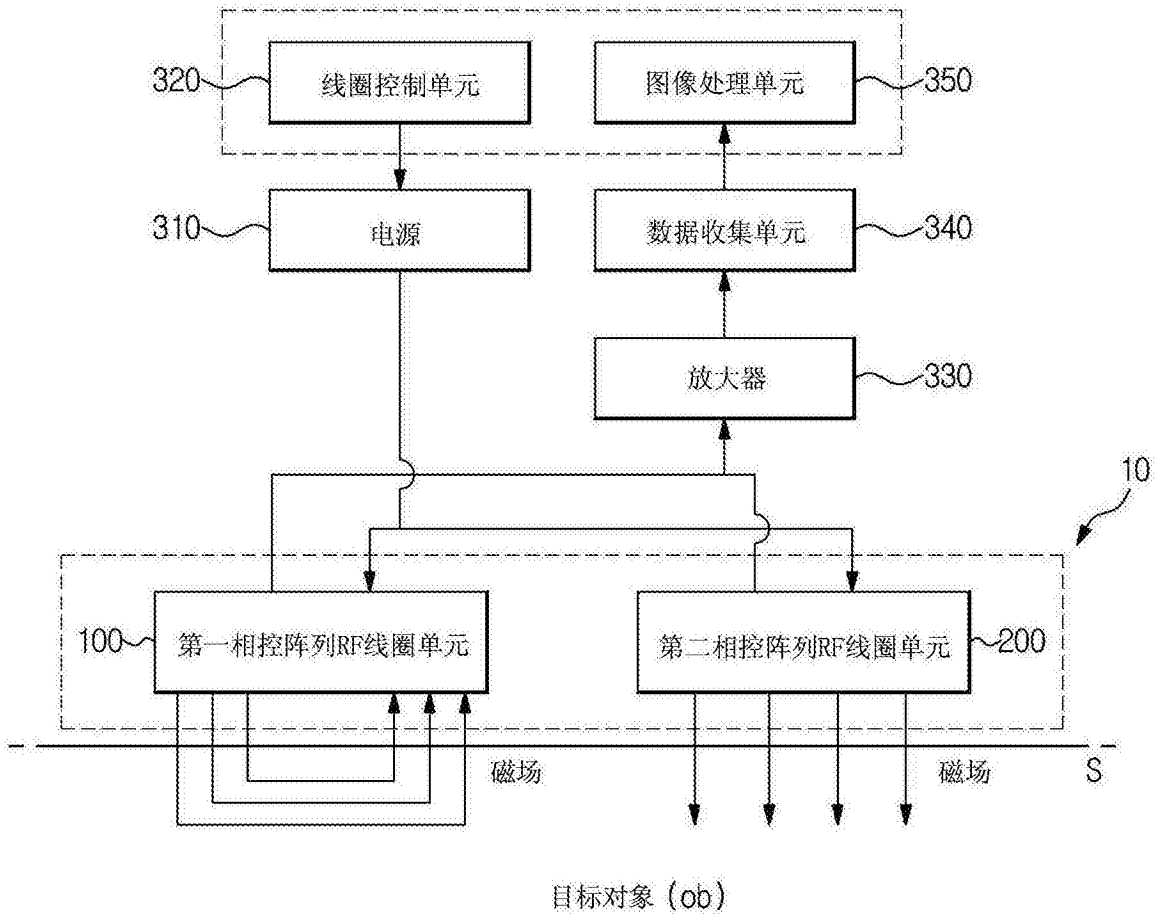

320
线圈控制单元
图像处理单元
350
310
电源
数据收集单元
340
放大器
330
10
100
第一相控阵列RF线圈单元
第二相控阵列RF线圈单元
200
磁场
磁场
S
目标对象（ob）

图1

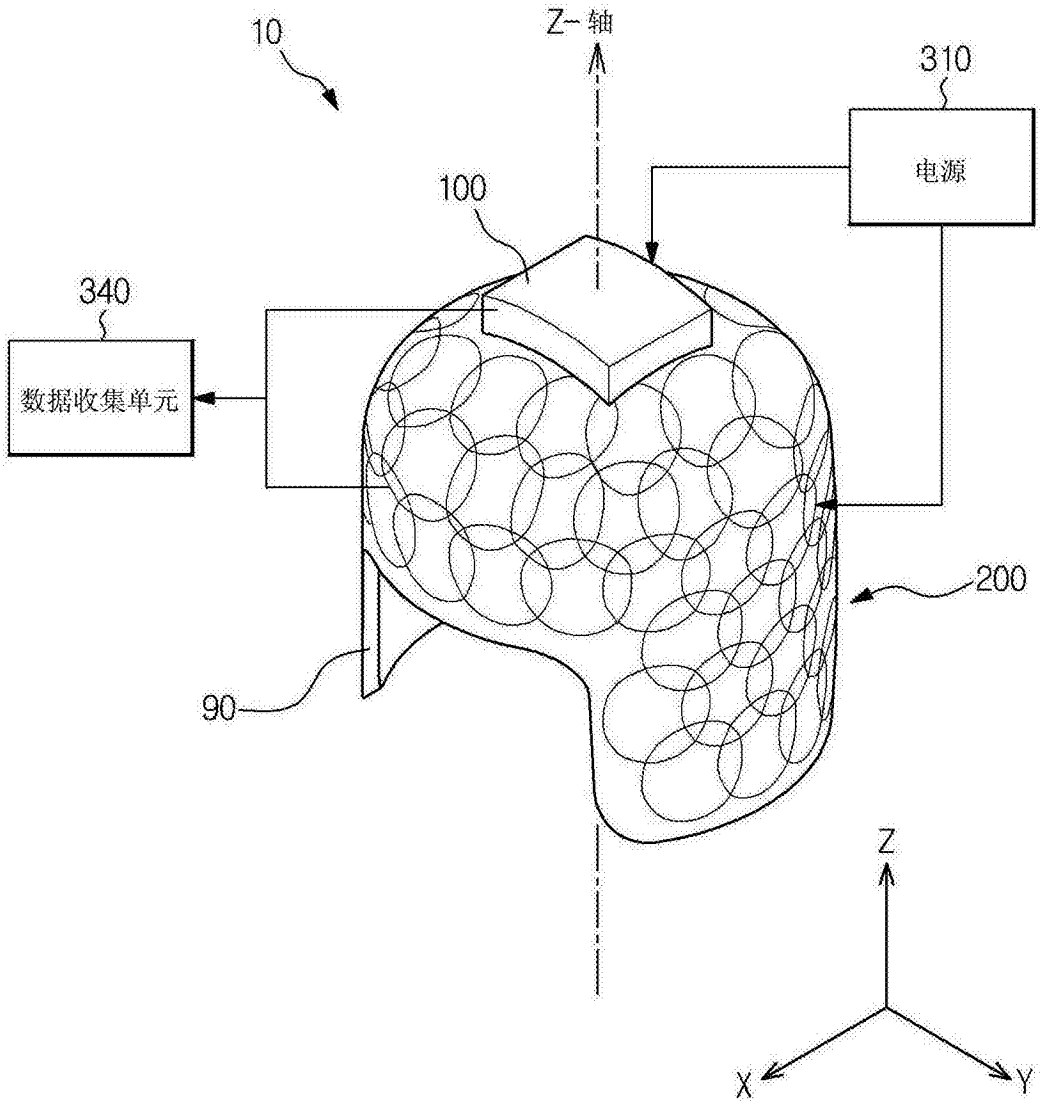


图2A

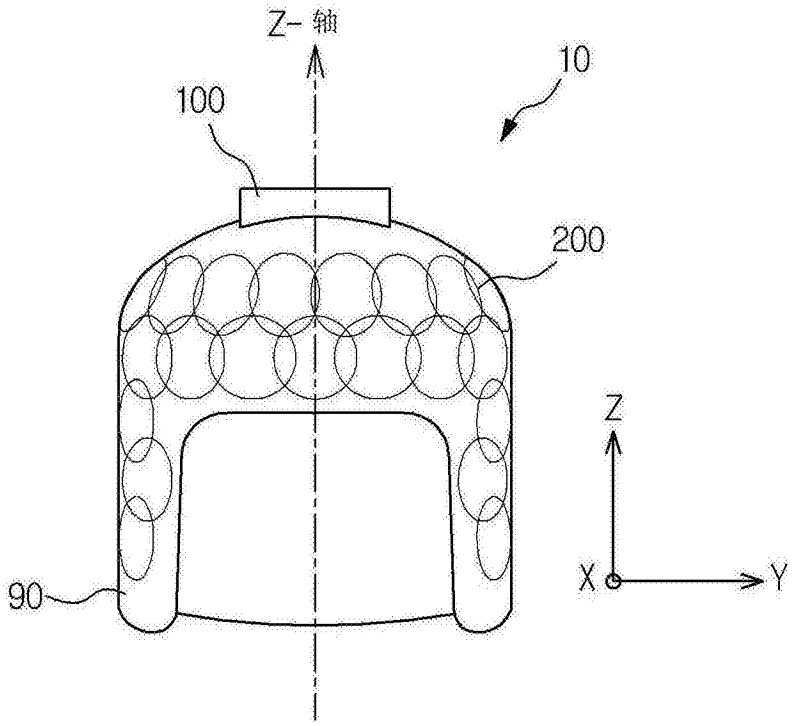


图2B

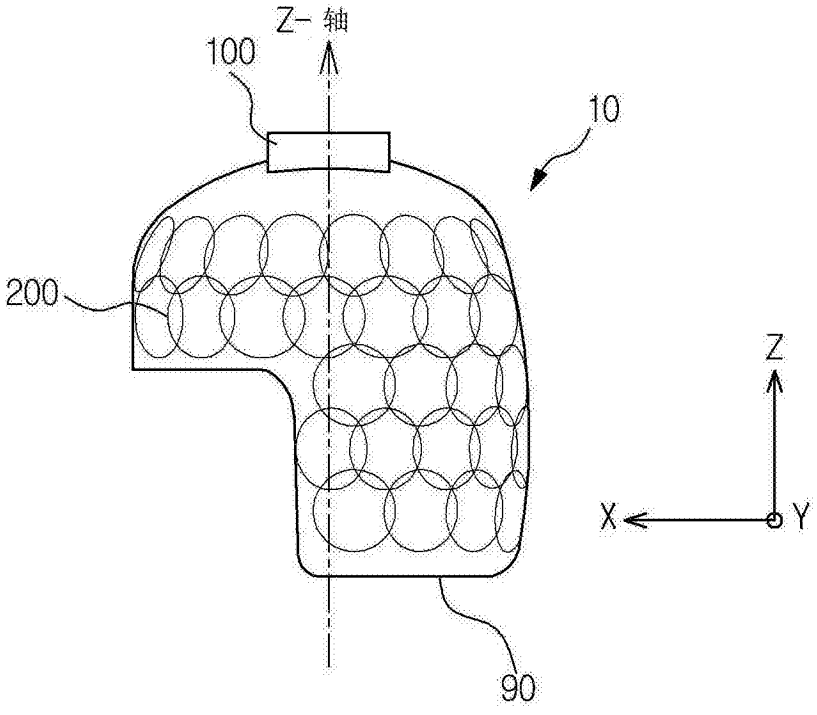


图2C

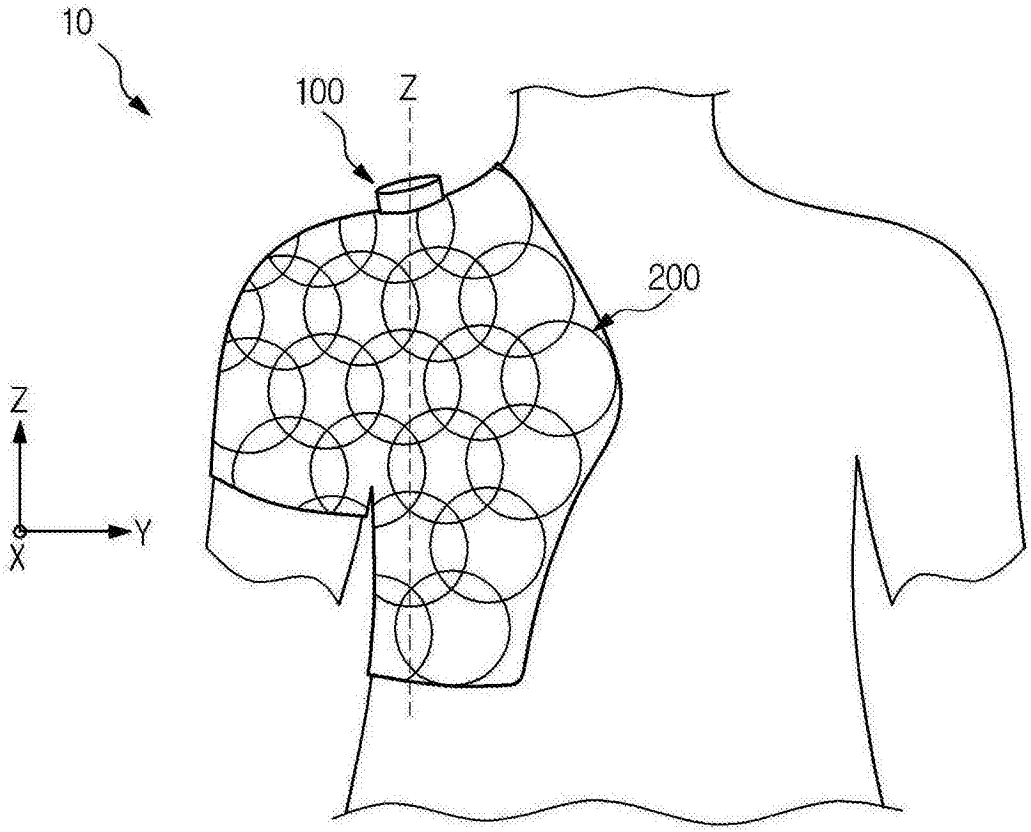


图2D

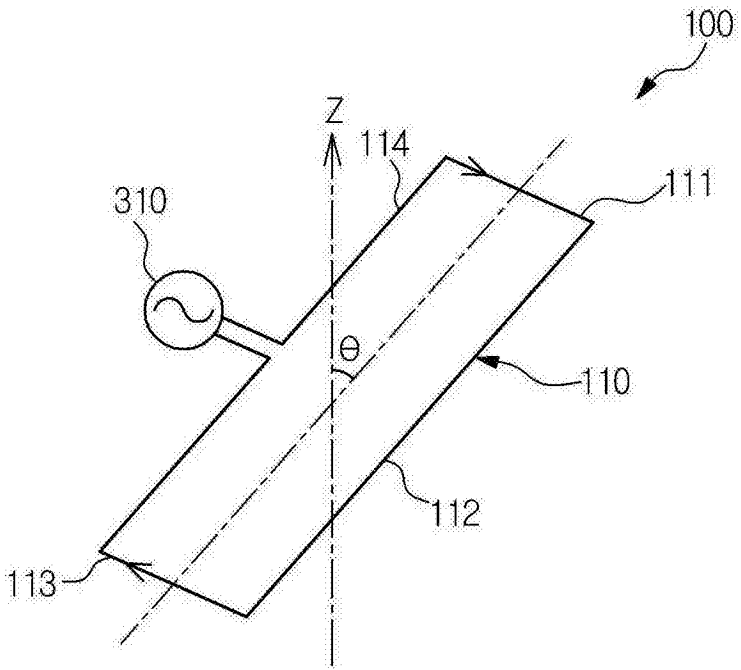


图3A

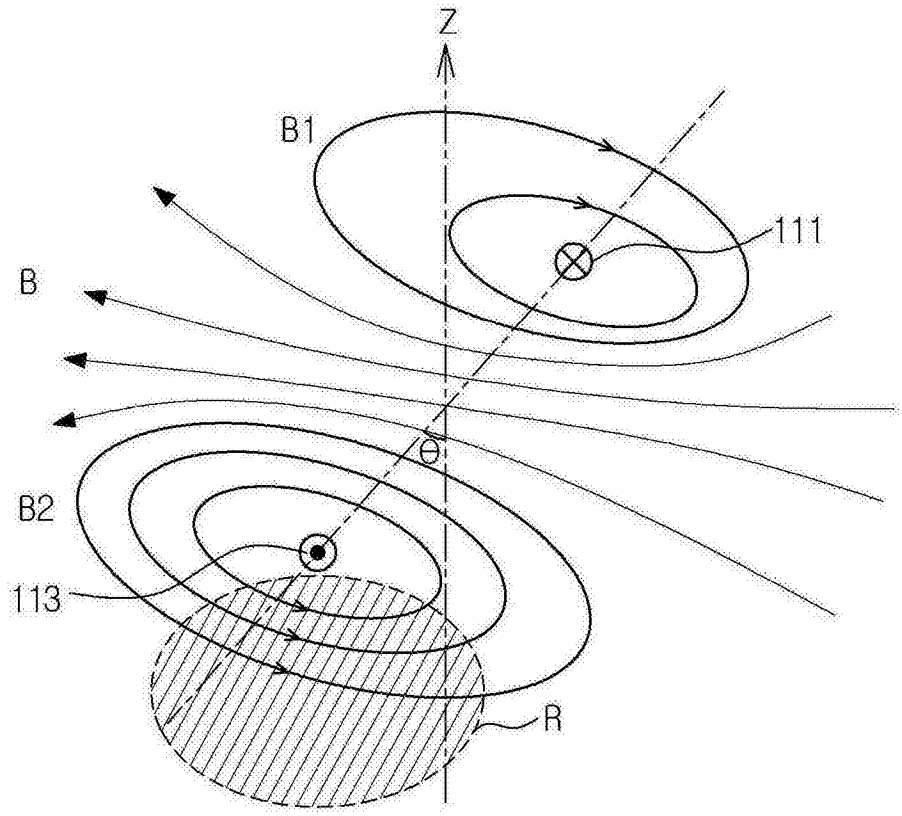


图3B

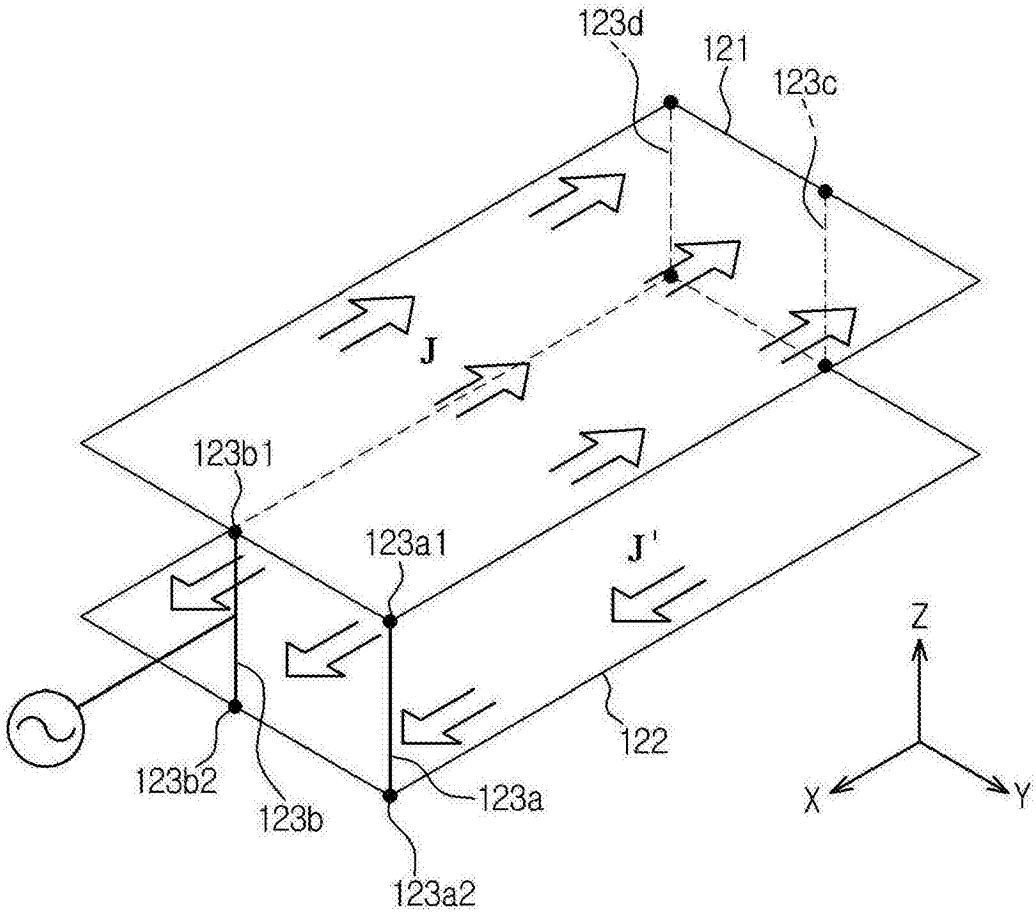


图4A

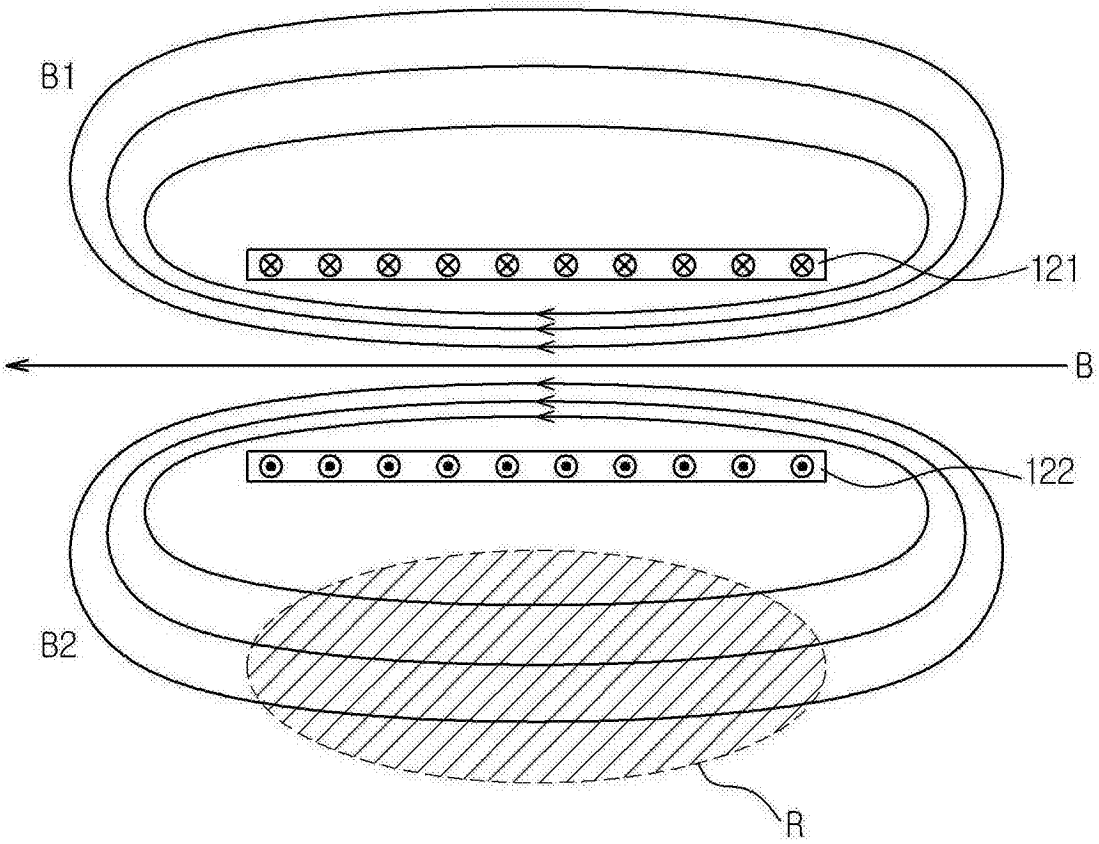


图4B

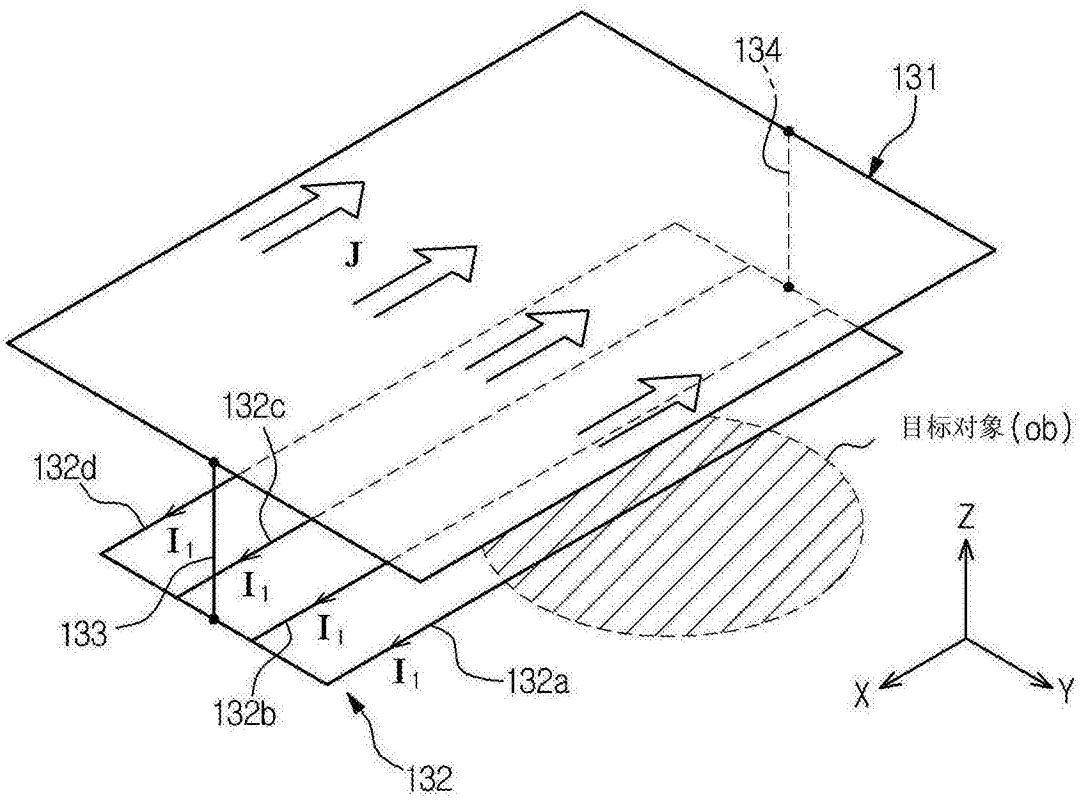


图5A

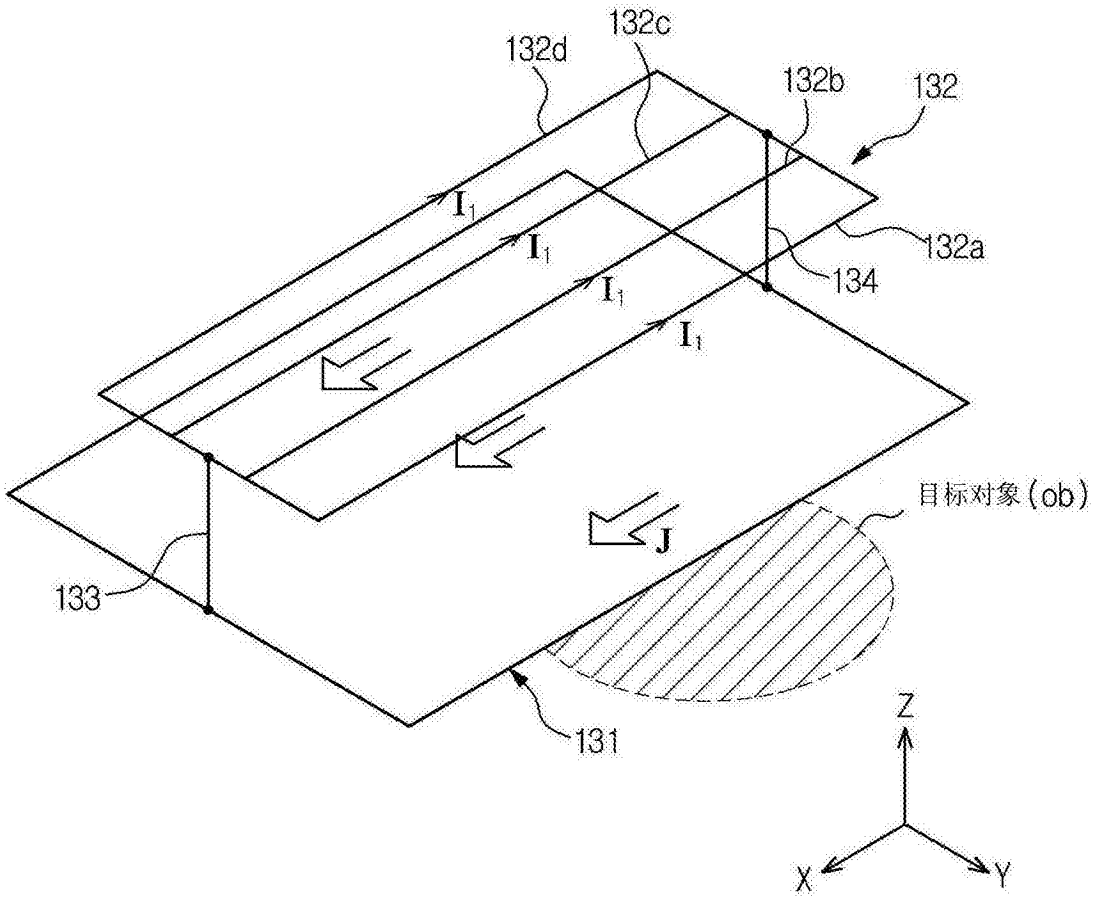


图5B

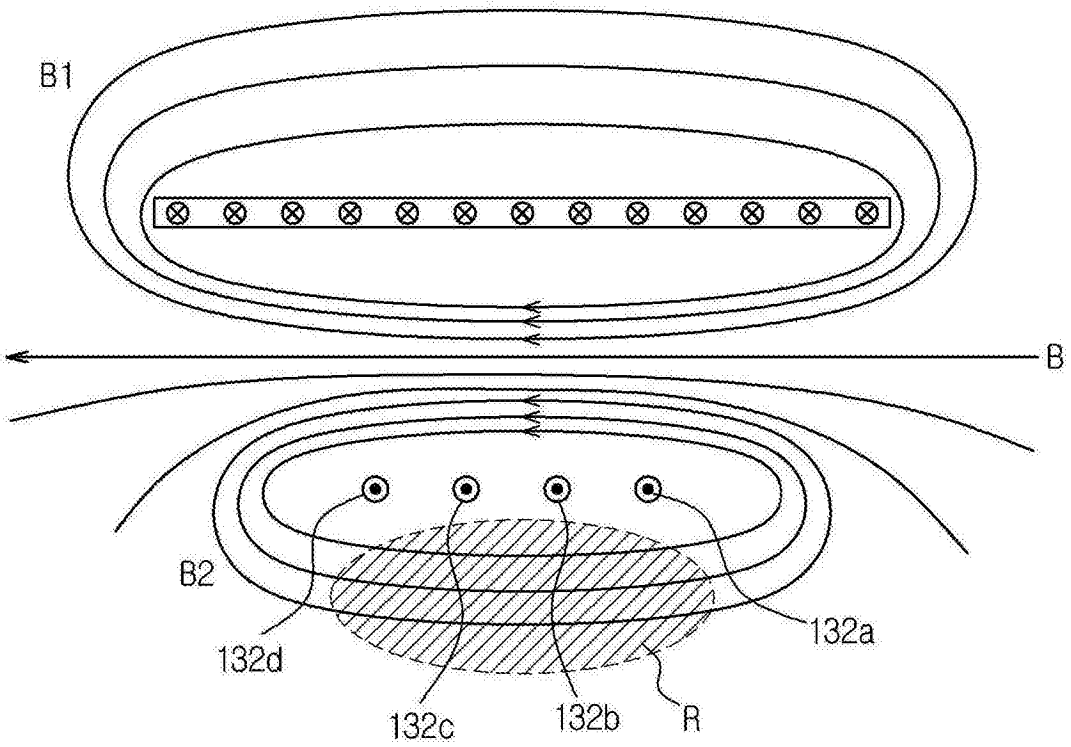


图5C

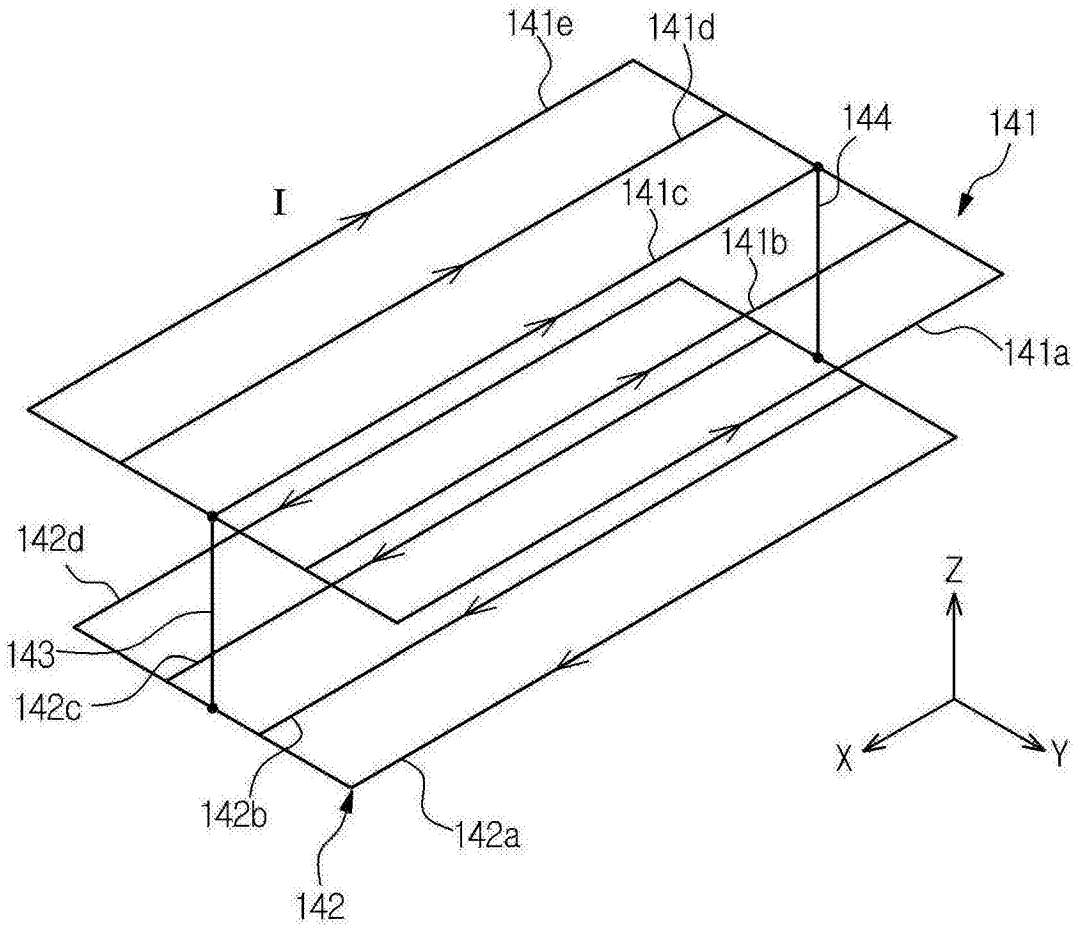

141e
141d
144
141
I
141c
141b
141a
142d
143
142c
142b
142
142a
Z
X
Y

图6A

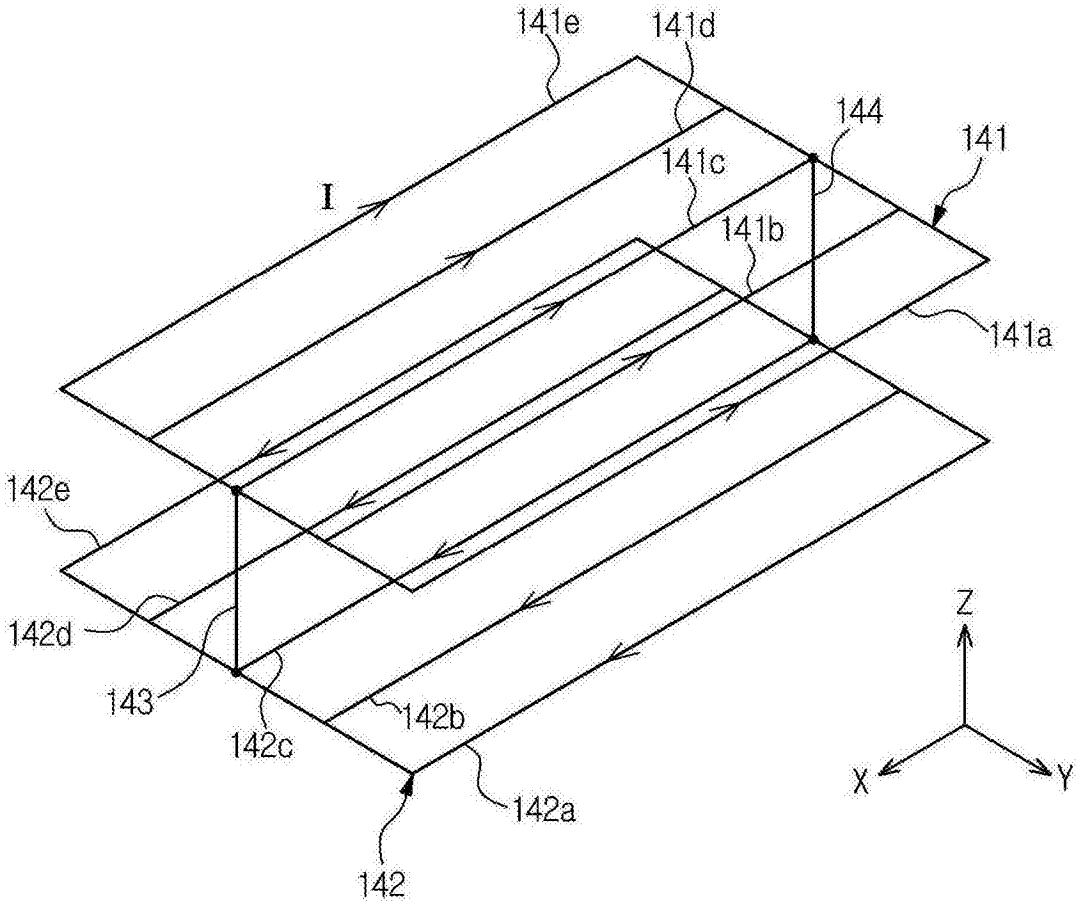

141e
141d
144
141
141c
I
141b
141a
142e
142d
143
142c
142b
142a
142
Z
X
Y

图6B

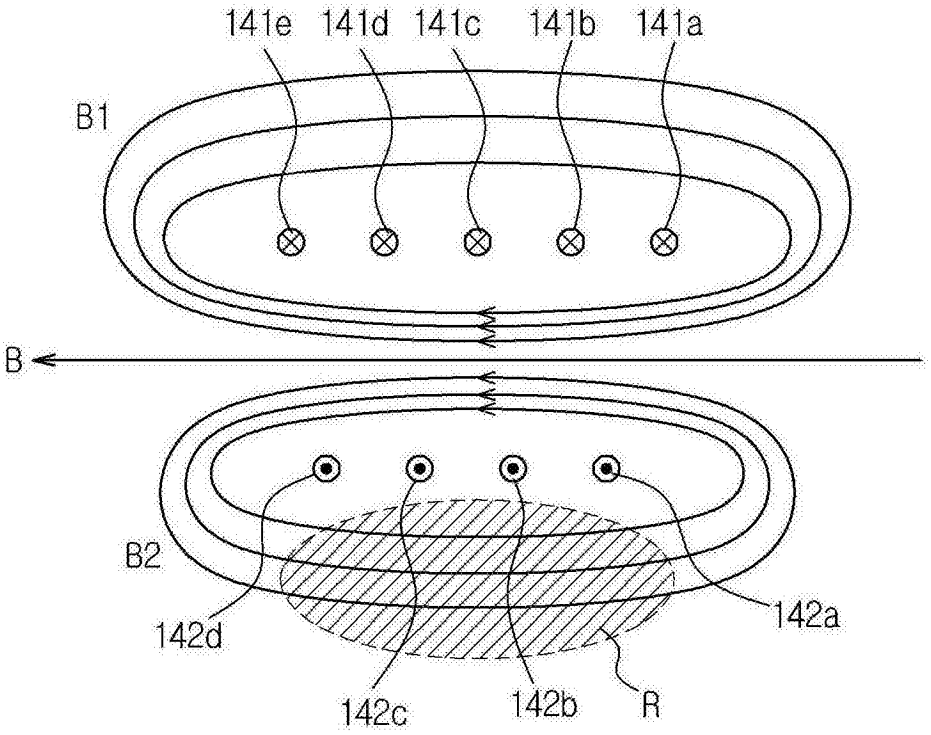

141e
141d
141c
141b
141a
B1
B
B2
142d
142a
142c
142b
R

图6C

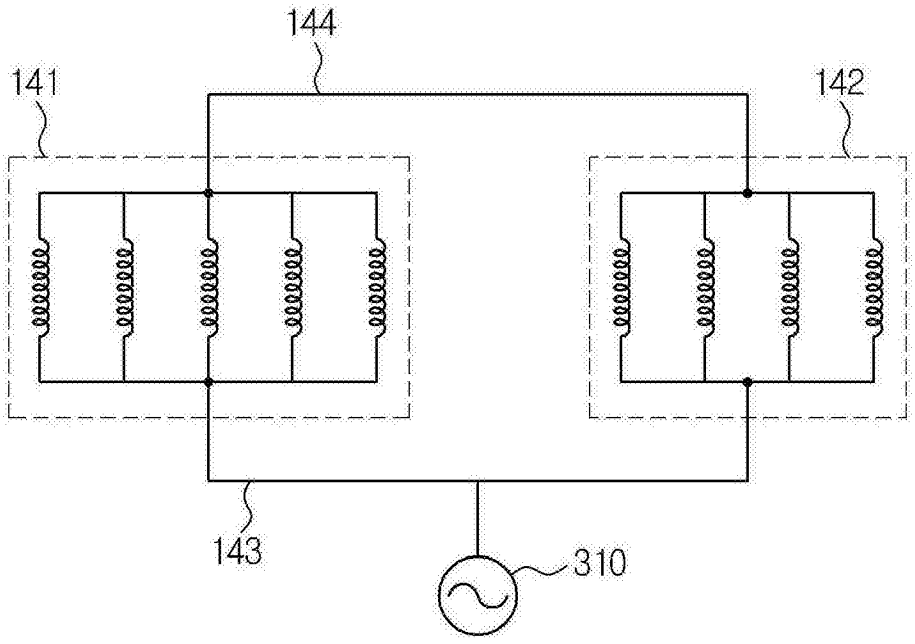

144
141
142
143
310

图6D

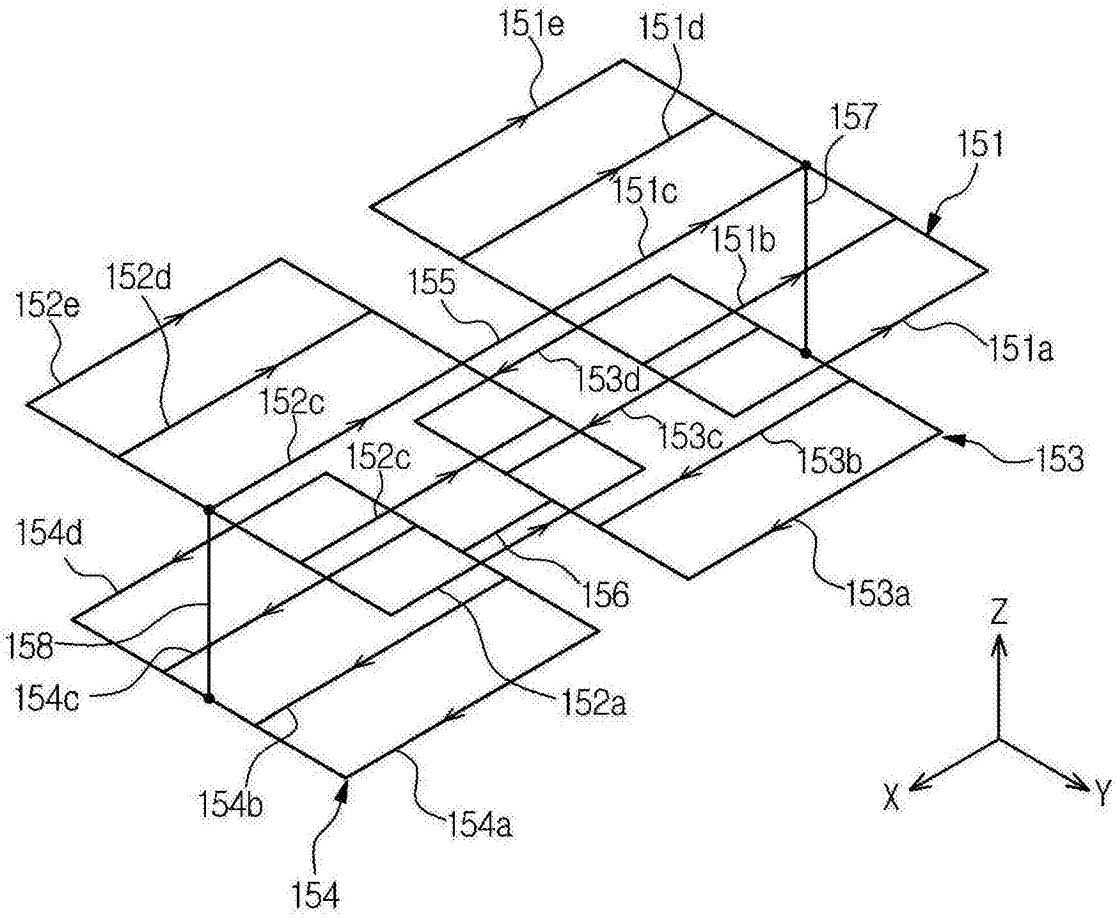

151e
151d
157
151
151c
151b
152d
152e
155
151a
153d
152c
153c
153
152c
153b
154d
156
153a
158
154c
152a
154b
154a
154
Z
X
Y

图7A

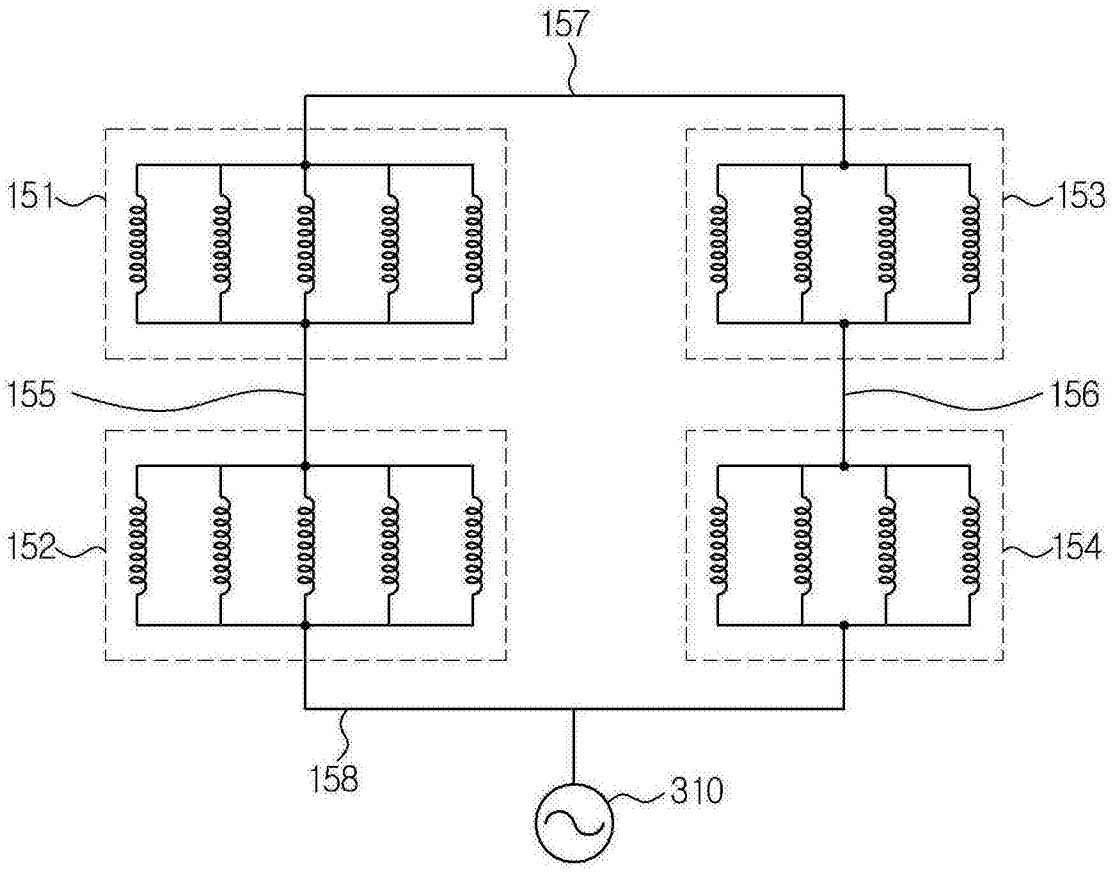


图7B

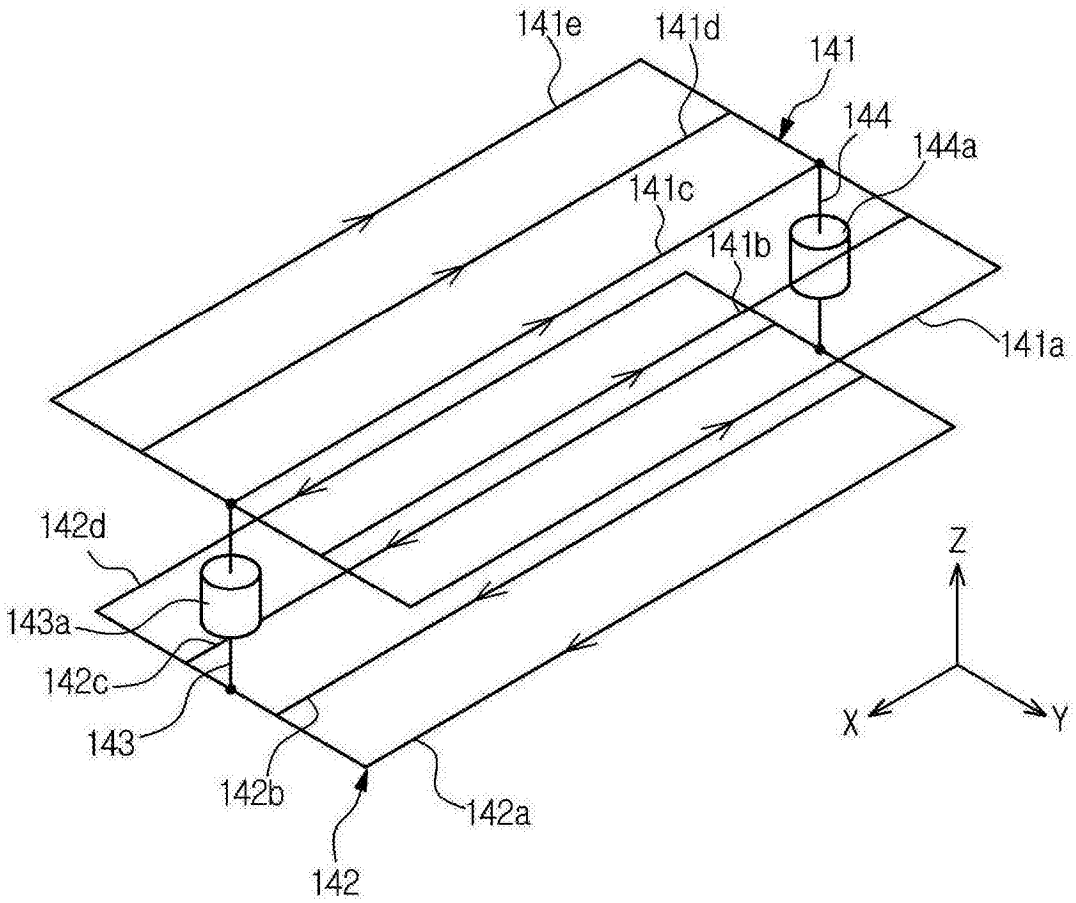

141e
141d
141
144
144a
141c
141b
141a
142d
143a
142c
143
142b
142a
142
Z
X
Y

图8A

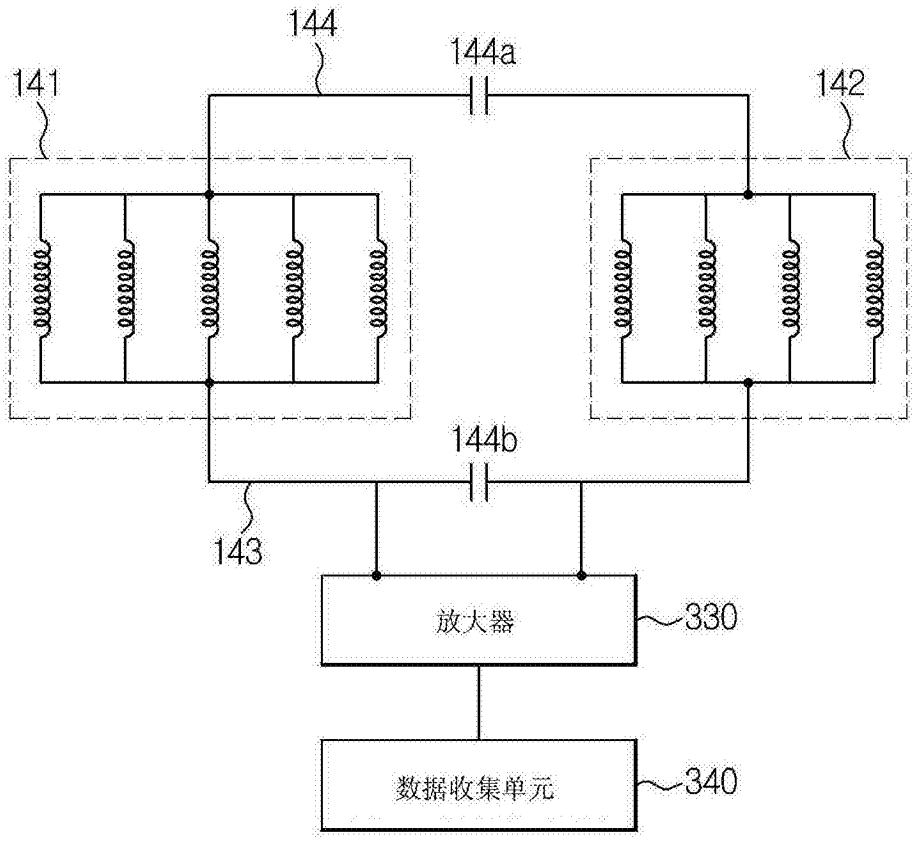


图8B

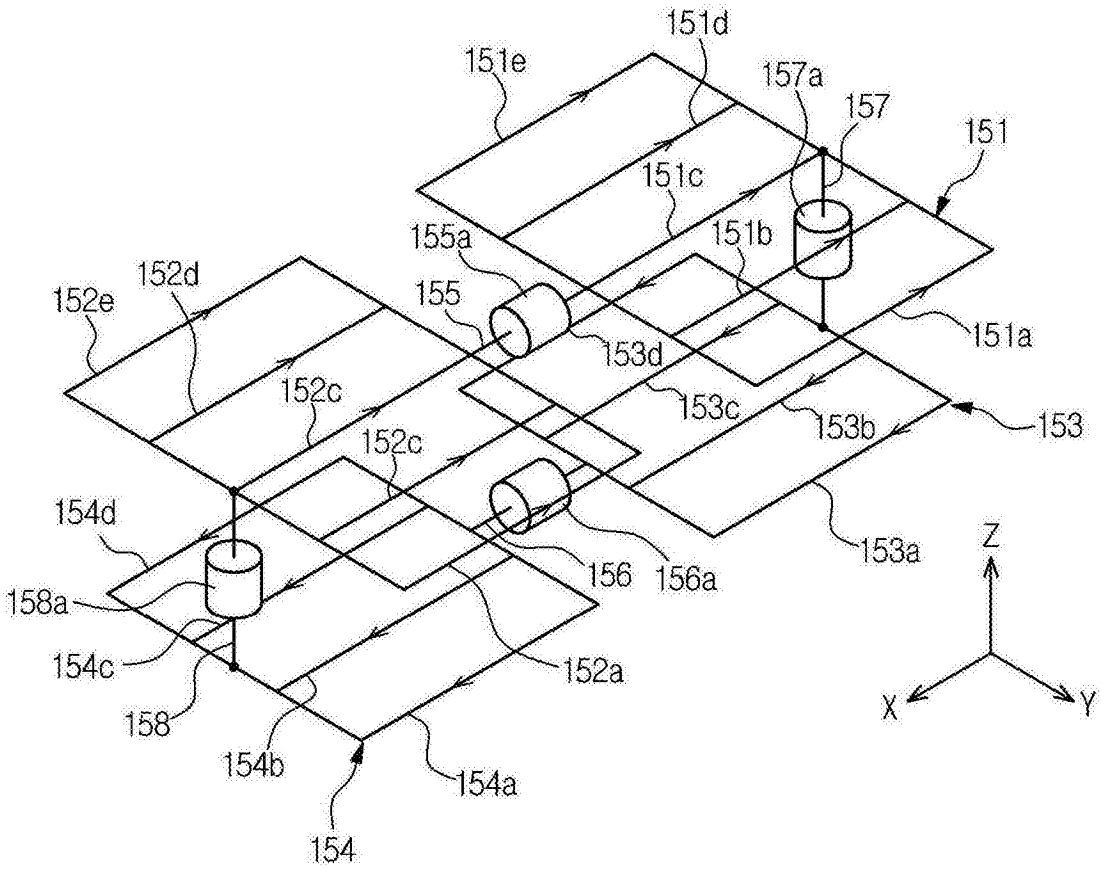

151d
151e
157a
157
151
151c
155a
151b
152d
152e
155
153d
151a
152c
153c
153b
153
152c
154d
156
156a
153a
158a
154c
152a
158
154b
154a
154
Z
X
Y

图9A

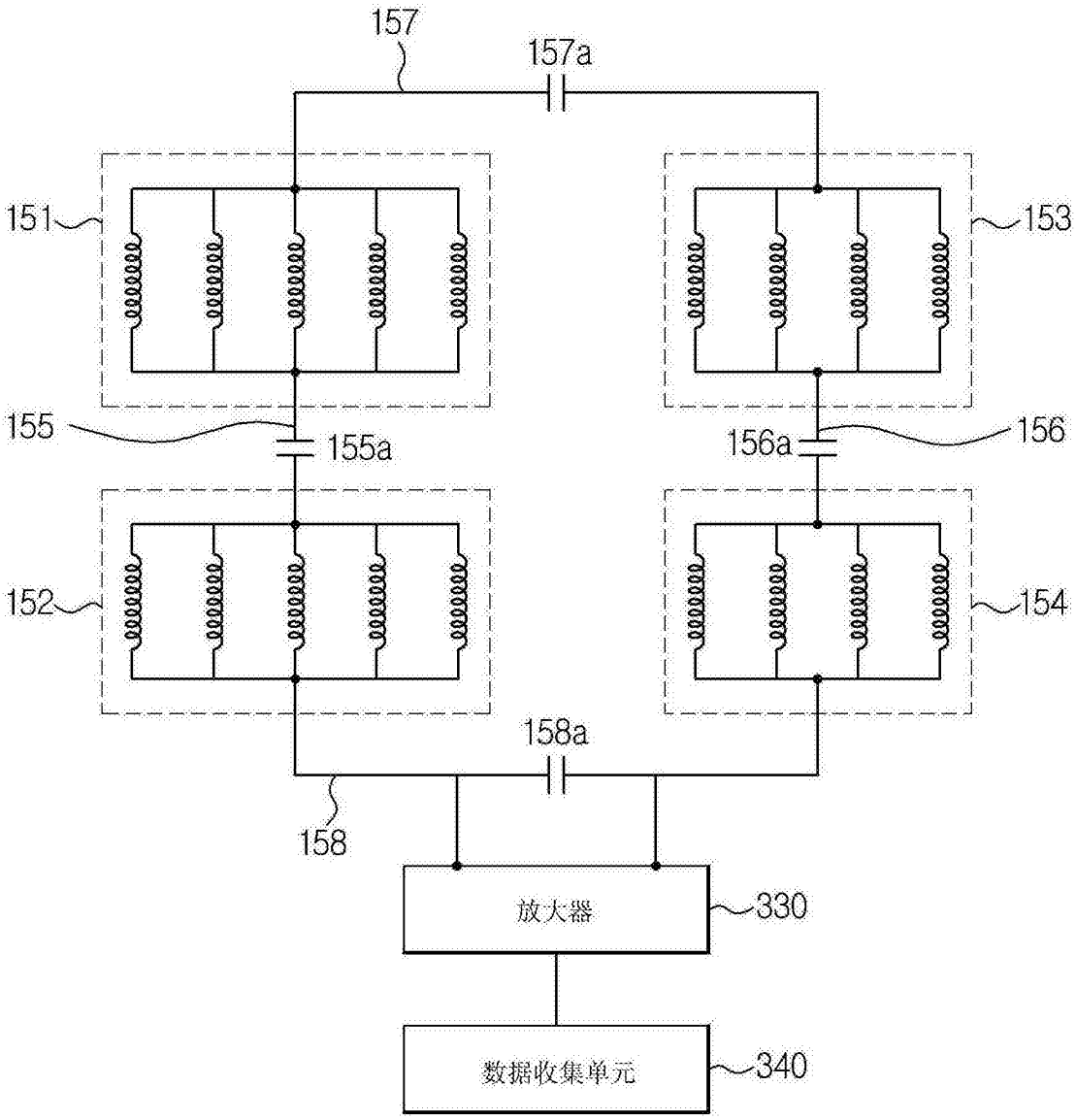

157
157a
151
153
155
155a
156a
156
152
154
158a
158
放大器
330
数据收集单元
340

图9B

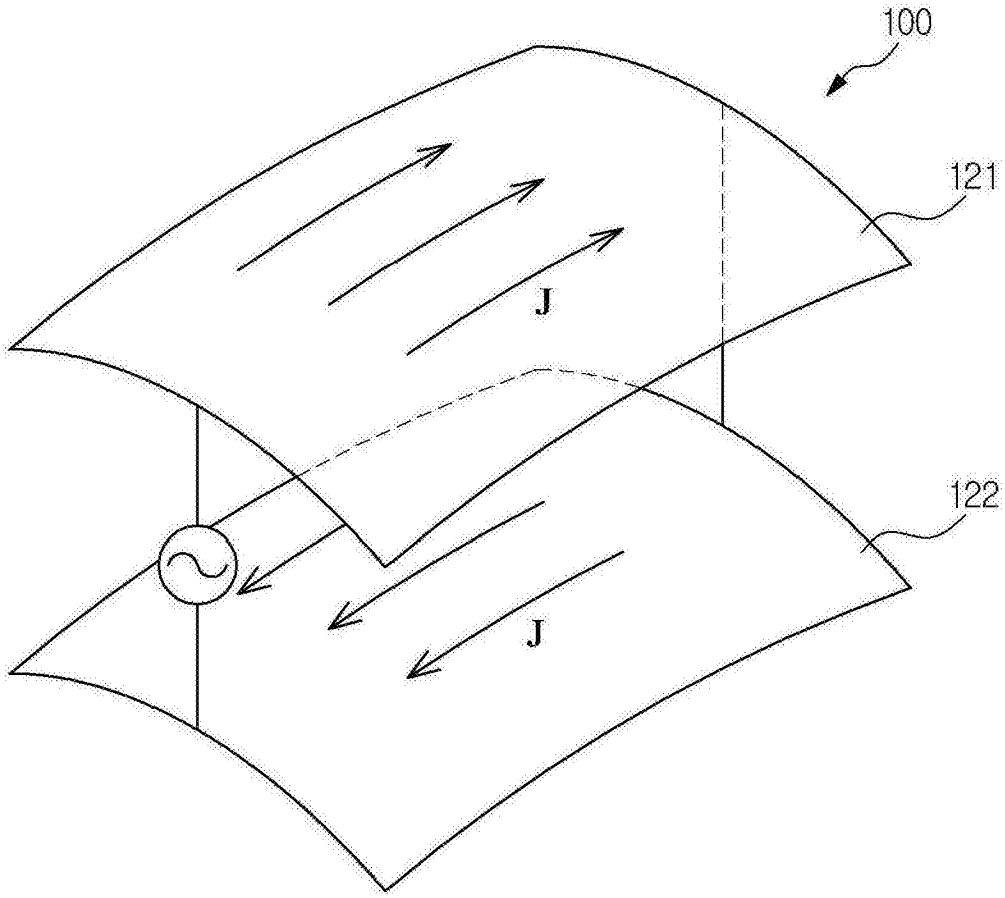


图10

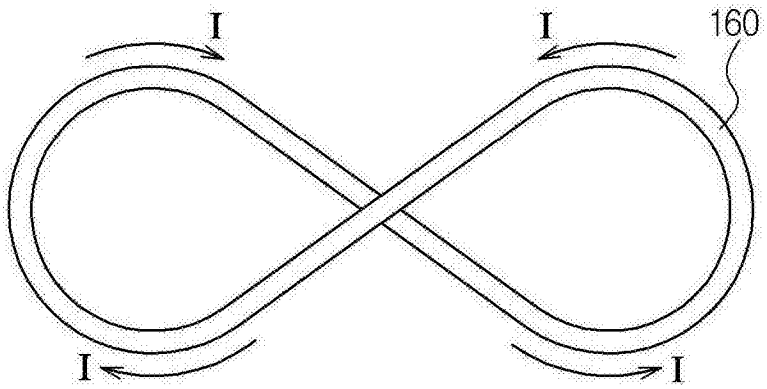


图11A

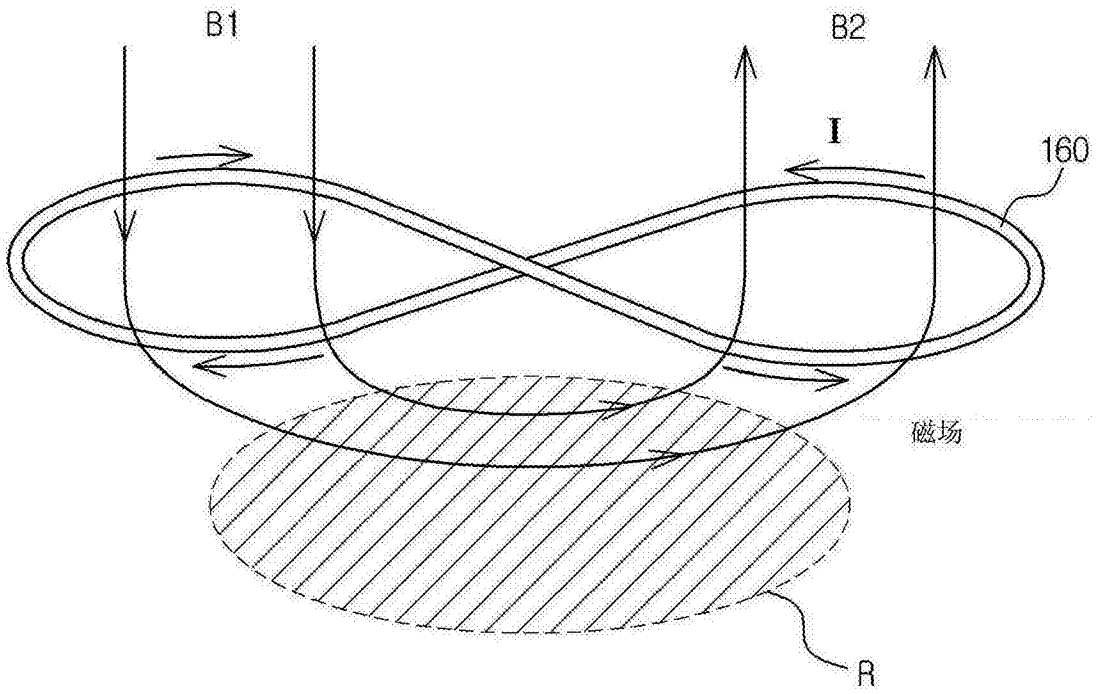


图11B

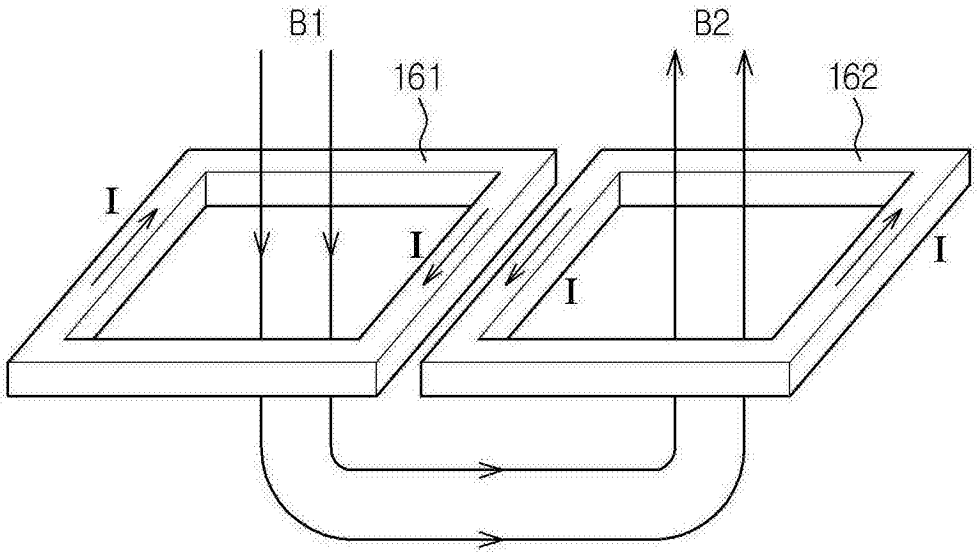


图12

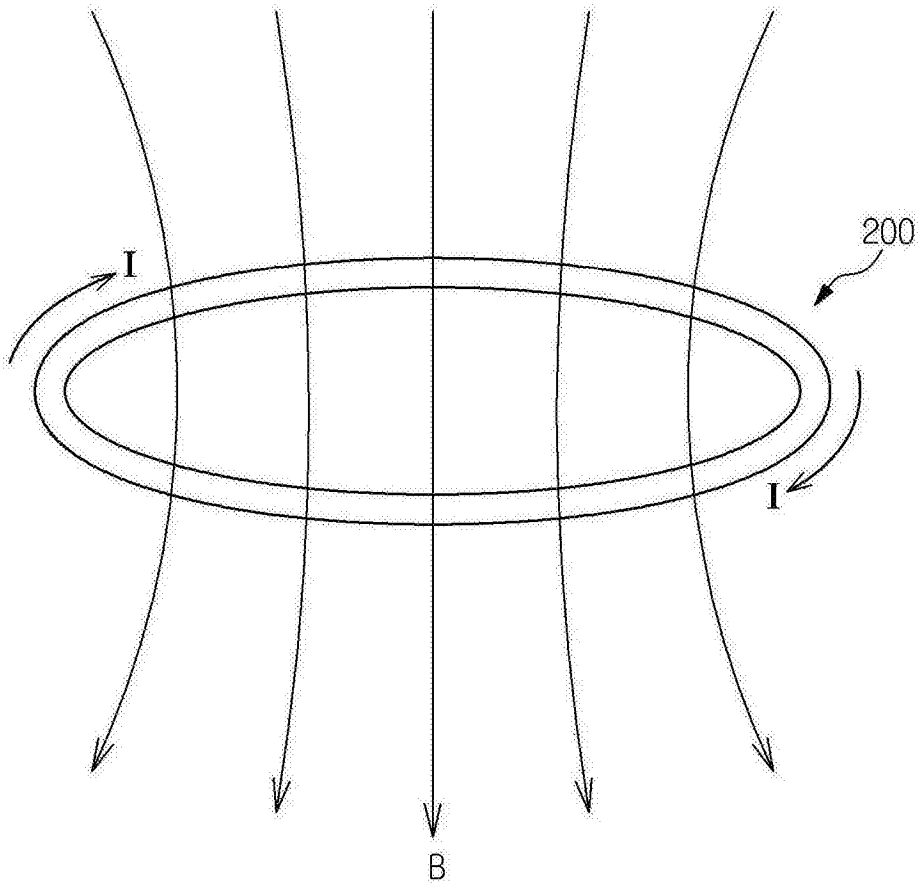


图13

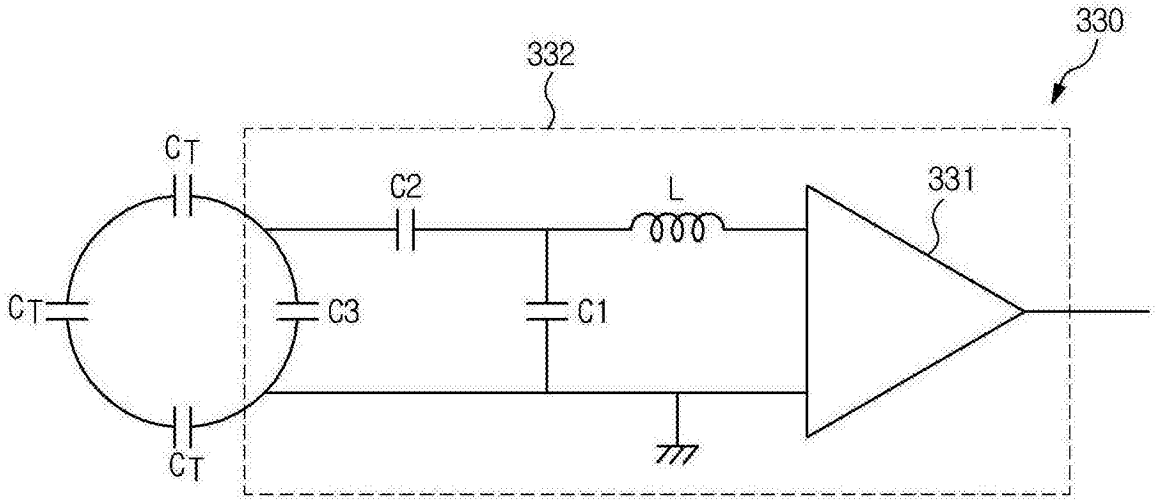


图14

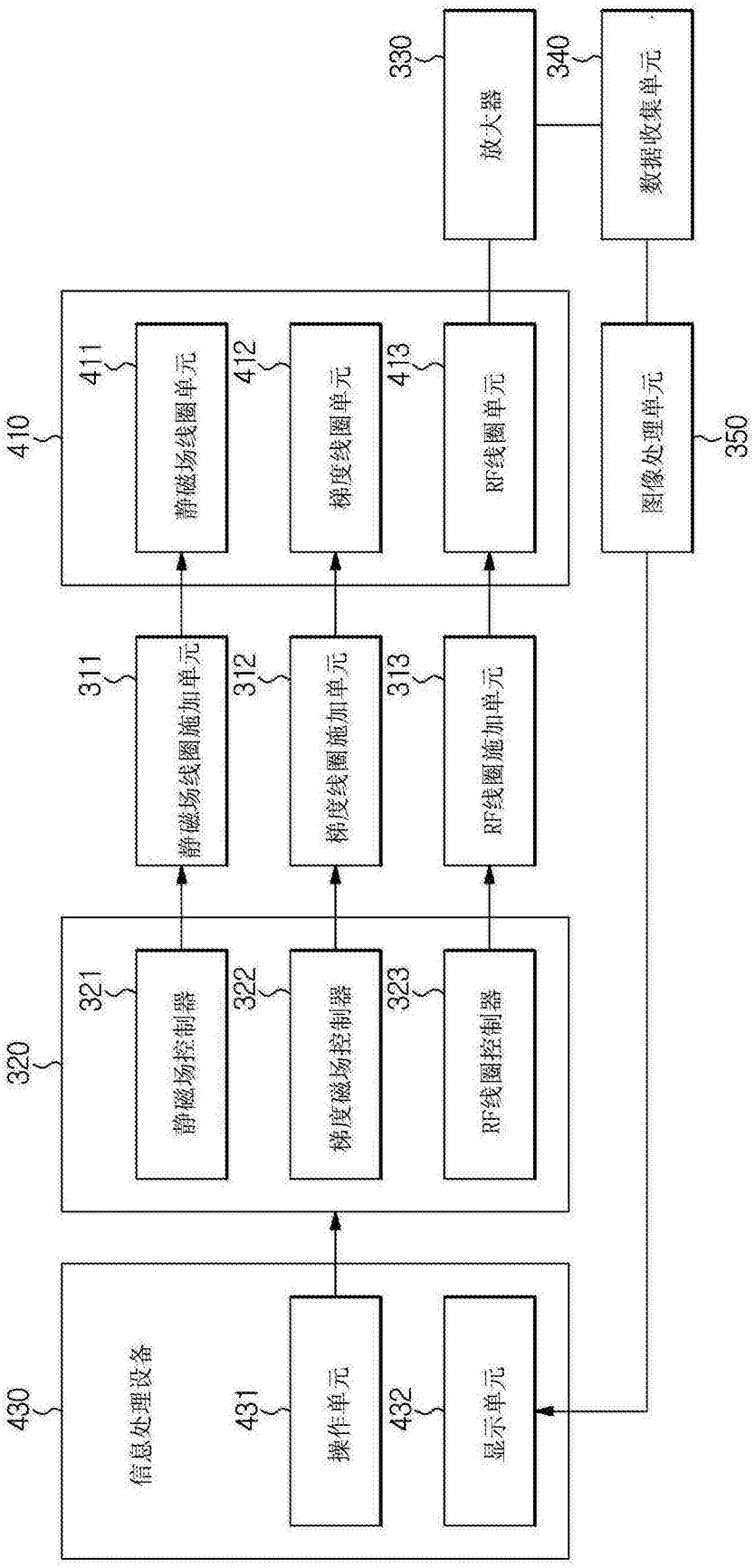

330
放大器
340
数据收集单元
410
411
静磁场线圈单元
412
梯度线圈单元
413
RF线圈单元
350
图像处理单元
311
静磁场线圈施加单元
312
梯度线圈施加单元
313
RF线圈施加单元
320
321
静磁场控制器
322
梯度磁场控制器
323
RF线圈控制器
430
信息处理设备
431
操作单元
432
显示单元

图15

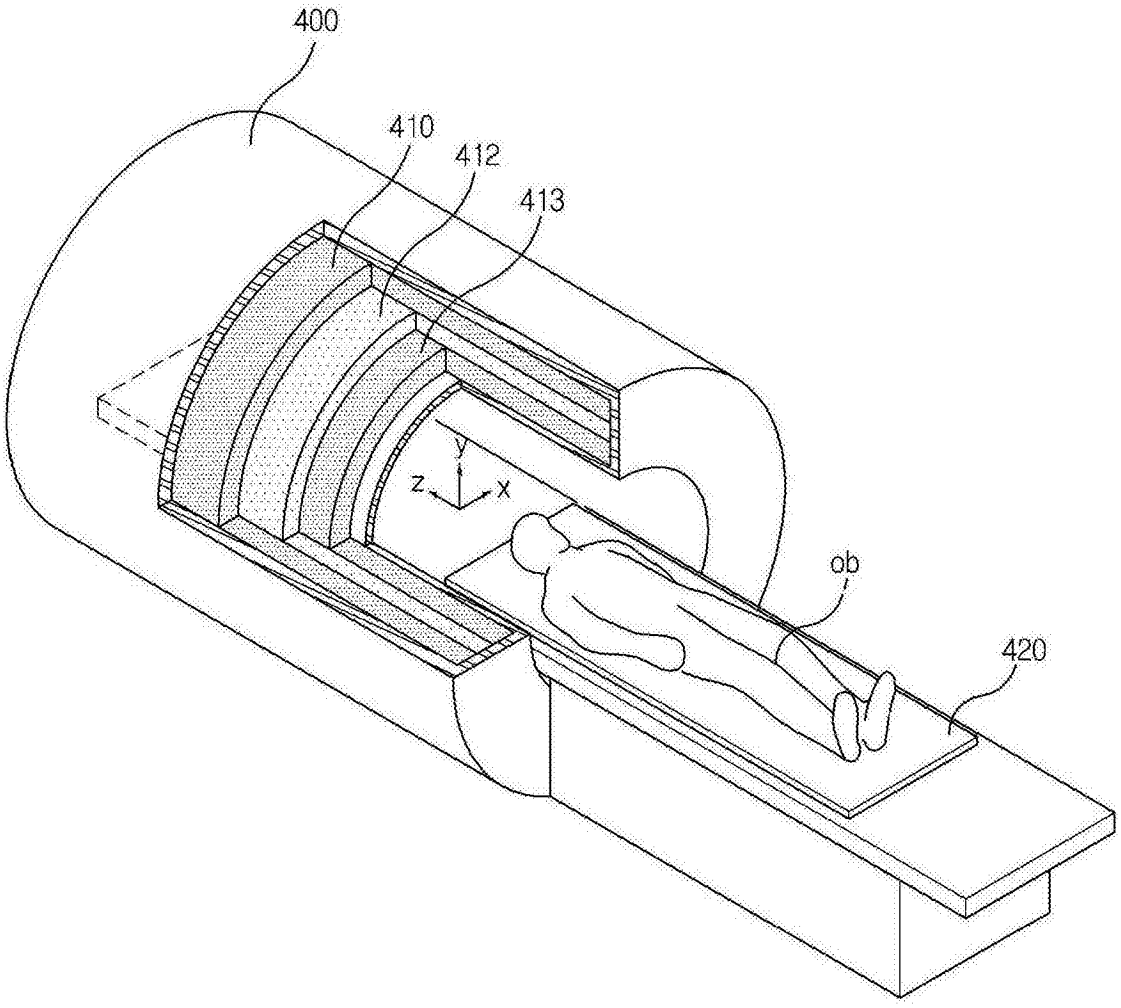


图16

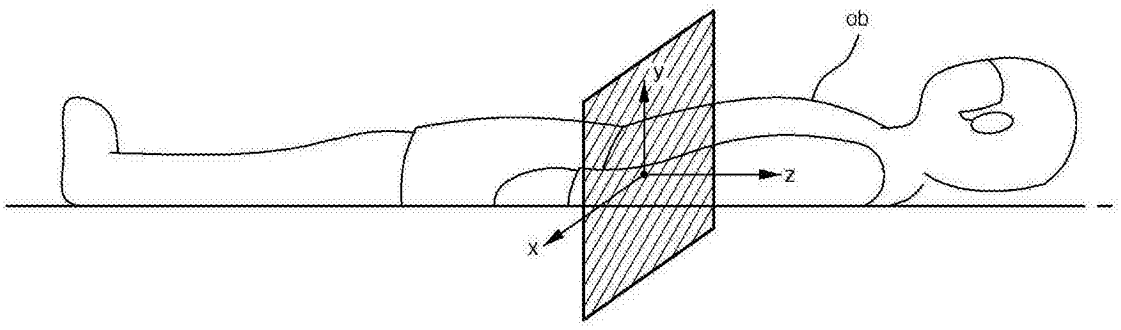


图17

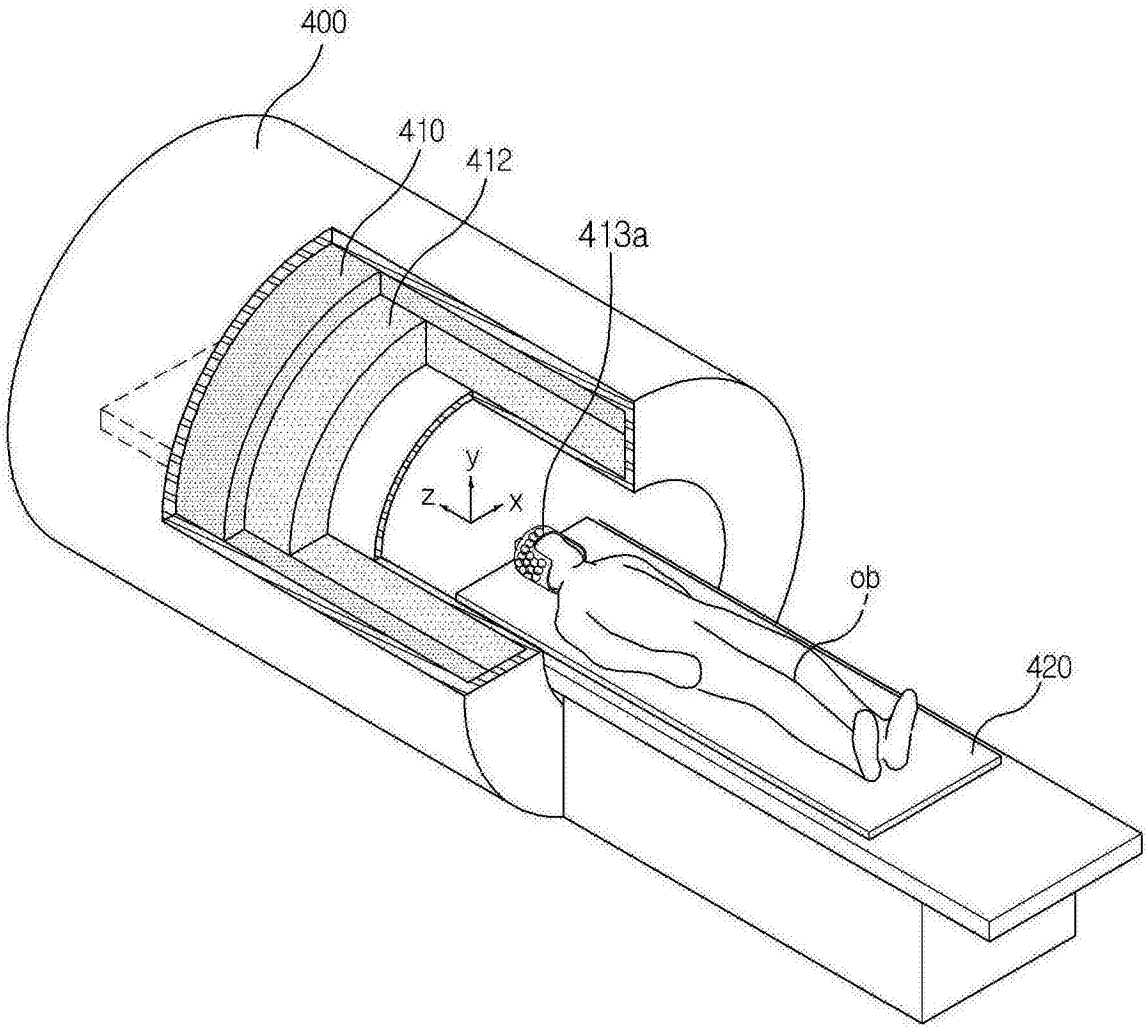


图18

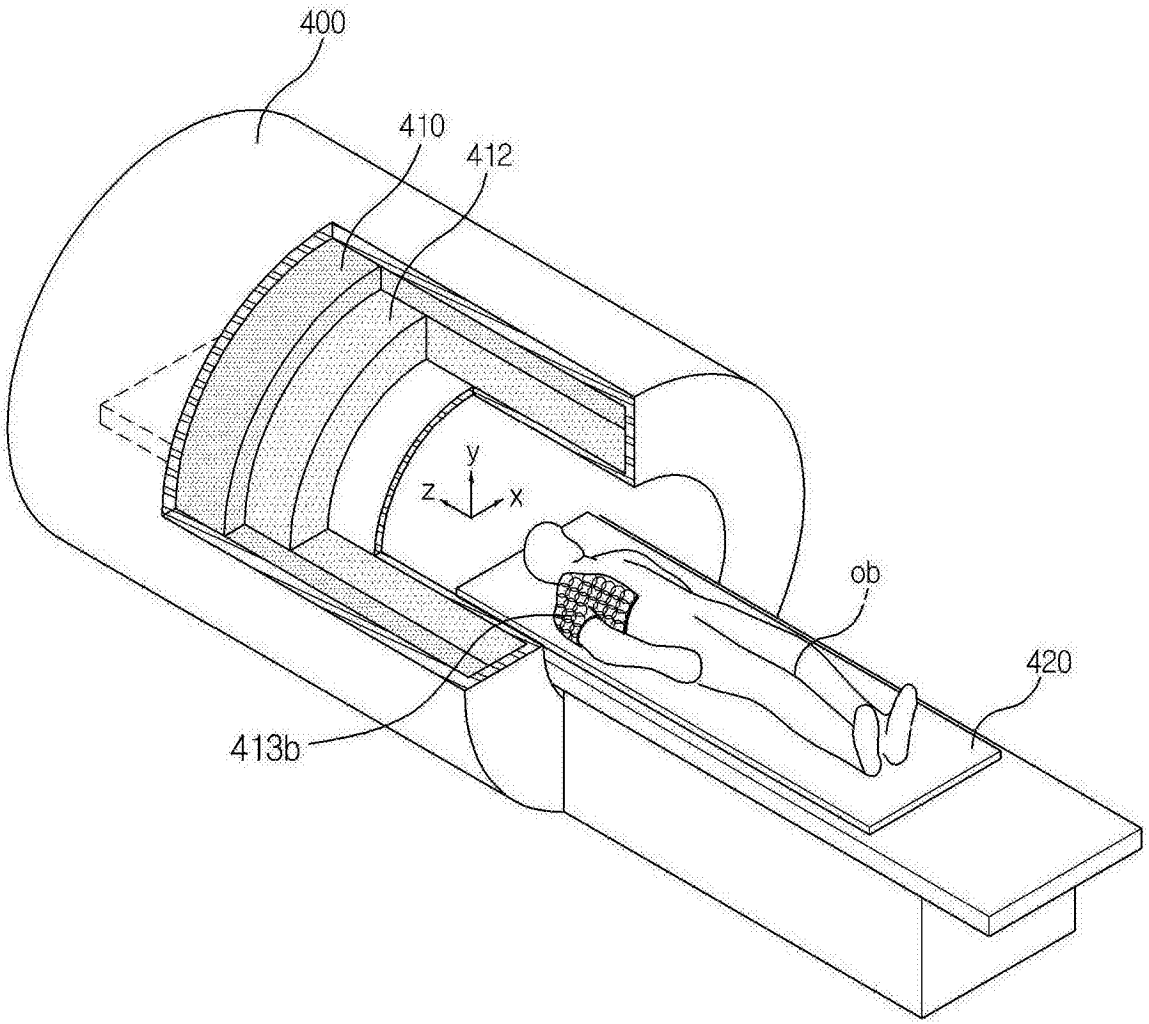


图19