



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111480089 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 07

(21) 申请号 201880081156.3

(22) 申请日 2018.11.09

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111480089 A

(43) 申请公布日 2020.07.31

(30) 优先权数据  
17202078.6 2017.11.16 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.06.16

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2018/080825 2018.11.09

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/096707 EN 2019.05.23

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司  
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 C·G·洛斯勒 D·维尔茨  
T·尼尔森

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

专利代理师 刘兆君

(51) Int.Cl.  
A61B 5/055 (2006.01)

(56) 对比文件  
KR 101688434 B1, 2016.12.23  
KR 101688434 B1, 2016.12.23  
CN 101785672 A, 2010.07.28  
CN 104470426 A, 2015.03.25  
CN 105796104 A, 2016.07.27  
CN 103654785 A, 2014.03.26  
JP H02180404 A, 1990.07.13

赵轶轲. 自由呼吸并运动校正延迟强化MR成像用于冠心病合并心功能不全患者的研究.《疑难病杂志》.2016,第15卷(第7期),

审查员 王雅萍

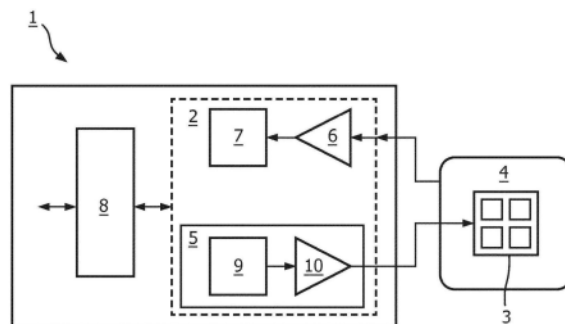
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

具有运动检测的磁共振成像系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于检查患者的具有运动检测磁共振成像系统(53),所述磁共振成像系统包括具有RF线圈(4)的RF线圈装置,所述RF线圈用于发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号,其中,所述RF线圈装置被提供有用于发射RF发射信号的额外的RF传感器(5),所述RF发射信号适于与患者(53)的组织(23)相互作用,从而允许在发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的同时感测由于所述患者(53)的运动而引起的运动信号。以此方式,可以以有效且可靠的方式来检测MRI系统中的被检查患者的运动。



1. 一种用于检查患者 (53) 的磁共振成像系统, 所述磁共振成像系统包括具有RF线圈 (4) 的RF线圈装置, 所述RF线圈用于发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号, 其中,

所述RF线圈装置被提供有用于发射RF发射信号的额外的RF传感器 (5), 所述RF发射信号适于与所述患者 (53) 的组织 (23) 相互作用, 并且所述额外的RF传感器用于与所述RF线圈发射和/或接收用于生成所述磁共振图像的所述RF信号的同时接收由于所述患者 (53) 的运动而引起的运动信号, 其中, 所述RF线圈装置被装备有耦合到所述RF线圈 (4) 的前置放大器 (6), 并且所述额外的RF传感器 (5) 与所述前置放大器 (6) 一起布置, 其中, 所述额外的RF传感器 (5) 包括被集成到所述RF线圈 (4) 中的天线 (41、42、43), 其中, 所述RF发射信号包括连续波雷达信号和/或超宽带雷达信号。

2. 根据权利要求1所述的磁共振成像系统, 其中, 所述前置放大器 (6) 和所述额外的RF传感器 (5) 形成用于运动检测的集成的RF收发器设备 (2), 其中, 所述RF线圈 (4) 被所述集成的RF收发器设备 (2) 以多谐振设计配置为天线设备。

3. 根据权利要求1或2所述的磁共振成像系统, 其中, 所述前置放大器 (6) 和所述额外的RF传感器 (5) 形成用于运动检测的集成的RF收发器设备 (2), 其中, 集成的RF收发器设备被配置为生成作为数字扩频信号的载波信号, 并且所述集成的RF收发器设备 (2) 还包括去相关器 (11), 所述去相关器被配置为从MRI信号中去除扩频信号, 使得所述RF线圈 (4) 同时用于MRI信号和用于运动检测的额外的RF信号。

4. 根据权利要求1或2所述的磁共振成像系统, 其中, 所述额外的RF传感器 (5) 包括被定位于所述前置放大器 (6) 的印刷电路板 (1) 上的天线。

5. 根据权利要求1或2所述的磁共振成像系统, 还包括具有深度学习能力的机器学习模块 (51), 所述机器学习模块适于接收和处理感测到的运动信号。

6. 根据权利要求5所述的磁共振成像系统, 其中, 所述机器学习模块 (51) 也被连接到用于接收用于生成所述磁共振图像的所述RF信号的所述RF线圈 (4)。

7. 根据权利要求5所述的磁共振成像系统, 包括多个RF线圈装置和多个机器学习模块 (51), 每个RF线圈装置包括用于发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的RF线圈 (4) 以及用于发射和接收RF发射信号的额外的RF传感器 (5), 所述RF发射信号适于与所述患者 (53) 的所述组织 (23) 相互作用, 从而允许感测所述患者的运动信号, 其中, 每个RF线圈装置被连接到单独的机器学习模块 (51), 以用于将相应的感测到的运动信号和用于生成所述磁共振图像的相应的信号发射到相应的机器学习模块 (51)。

8. 一种操作磁共振成像系统 (60) 以检查患者 (53) 的方法, 所述磁共振成像系统 (60) 包括具有RF线圈 (4)、耦合到所述RF线圈 (4) 的前置放大器 (6) 以及额外的RF传感器 (5) 的RF线圈装置, 并且所述额外的RF传感器 (5) 与所述前置放大器 (6) 一起布置, 其中, 所述额外的RF传感器 (5) 包括被集成到所述RF线圈 (4) 中的天线 (41、42、43), 所述方法包括以下步骤:

由所述RF线圈 (4) 发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号,

由所述额外的RF传感器 (5) 发射适于与所述患者 (53) 的组织 (23) 相互作用的RF发射信号,

由所述额外的RF传感器 (5) 与所述RF线圈发射和/或接收用于生成所述磁共振图像的所述RF信号的同时接收由于所述患者 (53) 的运动引起的运动信号; 并且

由所述额外的RF传感器 (5) 传输连续波雷达信号和/或超宽带雷达信号。

9. 根据权利要求8所述的方法,所述方法包括以下步骤:

在具有深度学习能力的机器学习模块(51)中处理感测到的运动信号。

10. 根据权利要求9所述的方法,所述方法包括以下步骤:

在所述机器学习模块(51)中处理感测到的运动信号和用于生成所述磁共振图像的所述RF信号。

11. 一种用于控制磁共振成像系统(60)的操作以检查患者(53)的非瞬态计算机可读介质,所述磁共振成像系统(60)包括具有RF线圈(4)和额外的RF传感器(5)的RF线圈装置,所述非瞬态计算机可读介质包括存储在其上的指令,所述指令当在处理器上被运行时,执行根据权利要求8至10中的任一项所述的方法的步骤。

## 具有运动检测的磁共振成像系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于对患者进行MRI检查的磁共振成像(MRI)系统,所述磁共振成像系统包括具有RF线圈的RF线圈装置,所述RF线圈用于发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号,并且特别涉及具有可能检测被检查患者的运动的磁共振成像系统。

### 背景技术

[0002] 如本领域中通常已知的,在磁共振成像系统中,患者(通常是人类或动物)被暴露于均匀的主磁场(B0场),使得患者内的原子核的磁矩形成所有原子核平行于B0磁场的特定的净磁化强度,所述净磁化强度可能会倾斜,从而导致围绕所施加的B0磁场的轴的旋转(拉莫尔进动)。进动的速率称为拉莫尔频率,它取决于所涉及的原子核的特定物理特性(即,其旋磁比)和所施加的B0场的强度。旋磁比是磁矩与原子核的自旋之间的比率。

[0003] 通过发射借助于RF发射天线或线圈产生的、与B0场具有正交极化的RF激励脉冲(B1场)并匹配感兴趣原子核的拉莫尔频率,可以激发原子核的自旋并使其同相,并且获得它们的净磁化强度相对于B0场方向的偏转,使得生成相对于净磁化强度的纵向分量的横向分量。

[0004] 在RF激励脉冲终止之后,净磁化的纵向和横向分量的弛豫过程开始,直到净磁化回到其平衡状态。通过使磁化进动产生的MR(磁共振)信号通过RF接收天线或线圈进行检测。然后将接收到的基于时间的幅度信号的MR信号进行傅立叶变换为基于频率的MR频谱信号,并进行处理以生成患者内的感兴趣原子核的MR图像。

[0005] 为了获得患者体内的切片或体积的空间选择以及从感兴趣的切片或体积发出的接收的MR信号的空间编码,将梯度磁场叠加在B0场上,其方向与B0场相同,但在正交的x、y和z方向上具有梯度。由于拉莫尔频率取决于施加在原子核上的磁场强度的事实,原子核的拉莫尔频率相应地随着总的叠加B0场的梯度减小而减小(反之亦然),从而通过适当地调谐发射的RF激励脉冲的频率(并相应地调整RF/MR接收天线的谐振频率),并通过相应地控制梯度磁场,可以在一定程度上选择切片内沿着在x、y和z方向上的每个梯度的特定位置的原子核,并且由此总体上可以获得对象的特定体素。

[0006] 可以以线圈的形式提供上述RF(发射和/或接收)天线,其可以固定地安装在用于对整个患者成像的MRI系统的检查空间内,或者直接布置在要检查的局部区域或局部面积之上或周围。

[0007] MRI扫描需要许多输入参数和适当的扫描准备。取决于被检查患者的体重和体重、要被扫描的患者位置和解剖结构,通常选择并修改协议以适合患者。通常,此数据必须手动地输入。生理参数,例如触发扫描所必需的,必须使用专用传感器进行测量。然而,在MRI过程中,患者被衣服覆盖,并且在大多数应用中被RF线圈覆盖,例如头部和/或(前)表面线圈。因此,难以实现用于检测患者的运动的光学检测方法。

[0008] 在这方面,根据US 4712560已知一种设备和方法,其提供与MRI系统中的成像切片的生理运动相对应的信号,以用于使MRI数据的采集与切片的运动同步。通过启动预定频率

的入射信号来生成信号,所述入射信号与成像切片相互作用并返回该频率的反射信号。通过混合入射信号和反射信号,生成了基带信号,所述基带信号指示信号之间的相位和幅度关系的变化。因为信号之间的相位和幅度关系的变化以近似线性的方式与成像切片的移动相关,所以基带信号提供了成像切片的移动的指示,以用作精确的触发信号以将MRI数据的采集与成像切片的运动同步。

[0009] 这种运动信息不仅用于运动校正和心脏触发,而且还用于估计粗略的患者模型,其可以被实时地计算。进一步的应用是触发治疗设备(例如,MR-LINAC)。

## 发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种替代解决方案,用于以有效且可靠的方式在MRI系统中检测被检查患者的运动。

[0011] 根据本发明,该目的通过独立权利要求的主题得以解决。在子权利要求中描述了本发明的优选实施例。

[0012] 因此,根据本发明,提供了一种用于检查患者的磁共振成像系统,所述磁共振成像系统包括具有RF线圈的RF线圈装置,所述RF线圈用于发射和/或接收用于生成磁共振图像RF信号,其中,

[0013] 所述RF线圈装置被提供有用于发射RF发射信号的额外的RF传感器,所述RF发射信号适于与患者的组织相互作用,从而允许在发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的同时感测由于所述患者的运动而引起的运动信号。

[0014] 因此,本发明涉及实现具有额外的RF传感器的MRI系统,以监测诸如呼吸和心脏信号的运动信号。术语“额外”涉及以下事实:除了RF线圈之外还提供额外传感器,所述RF线圈可能已经已经用作用于这种运动信号的传感器。因此,本发明的本质特征在于,除了RF线圈之外,还提供了用于发射RF发射信号的额外的传感器,所RF发射信号适于与患者的组织相互作用,从而允许在发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的同时感测由于所述患者的运动而引起的运动信号。临床应用可能会使用此额外的信息来同时测量和估计介电常数或电导率(例如,针对断层扫描的电学属性的输入),实时电患者建模和比吸收率控制,运动校正/建模和心脏触发。这样的这些应用对于本领域技术人员是众所周知的,并且因此,为了清楚起见,这里省略了详细的说明。

[0015] 与其他监测患者的方式相比,这种RF监测具有几个优点:与光学监测不同,RF穿过覆盖患者的衣服或其他材料而穿透到患者体内。与MR导航器相比,它可以与MR成像同时操作。因此,传感器数据在整个检查过程中都可以连续地可用,独立于系统上运行的序列。它是非接触式的,也就是说,MR操作者无需将任何设备连接到患者身上,因此不增加工作流程的负担。

[0016] 通常,在MRI环境中,其是例如关于患者的运动最感兴趣的呼吸或心脏运动。因此,术语“患者的运动”不仅涵盖从外部可见的患者的运动,而且还涵盖患者内部的运动,例如患者的内部器官的运动。在大多数检查中,患者可以完全静止地躺着,但是对于高质量的成像而言,跟踪运动的内部源很重要。

[0017] 通常,这种运动信号可以由RF线圈本身接收。然而,根据本发明的优选实施例,所述额外的RF传感器也被配置用于接收由于患者的运动引起的运动信号。

[0018] 此外,根据本发明的优选实施例,所述RF线圈装置装备有前置放大器,并且所述额外的RF传感器被布置在所述前置放大器中。在这方面,进一步优选的是,所述额外的RF传感器包括定位于所述前置放大器的印刷电路板上的天线。替代地,根据本发明的优选实施例,所述额外的RF传感器包括集成在所述RF线圈中的天线。

[0019] 所述额外的RF传感器可以用于传输不同类型的信号。根据本发明的优选实施例,所述额外的RF传感器被配置用于发送连续波雷达信号和/或超宽带雷达信号。

[0020] 根据本发明的优选实施例,磁共振成像系统还包括具有深度学习能力的机器学习模块,其适于接收感测到的运动信号。深度学习方法旨在学习特征层级结构,所述层级结构具有来自较低层级的成分组成的所述层级结构的较高级别的特征。它们可能包括用于各种深度架构的学习方法,包括具有隐藏层的神经网络和具有隐藏变量的层级的图形模型。无监督的预训练可以使学习深度架构更加有效。无监督的预训练充当一种网络预调节器,将参数值放在适当的范围内以进行进一步的监督的训练,并将模型初始化到参数空间中的某个点,在以下意义上它使优化过程更有效,实惠经验代价函数的较低最小值。

[0021] 在这方面要注意的是,针对MRI系统使用具有深度学习能力的机器学习模块不限于这样的额外的RF传感器,这样的额外的RF传感器是RF线圈装置的一部分,所述RF线圈装置还包括用于发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的RF线圈。与此相反,可以独立于RF线圈设置所述额外的RF传感器。在这方面,根据本发明的优选实施例,所述额外的RF传感器被布置在患者床中,所述患者床适于在检查期间保持患者。优选地,提供多个这样的RF传感器。

[0022] 根据本发明的优选实施例,所述机器学习模块还被连接到RF线圈,用于接收用于生成磁共振图像的RF信号。此外,优选地,提供多个RF线圈装置和多个机器学习模块,每个RF线圈装置包括用于发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的RF线圈以及用于发射RF发射信号的额外的RF传感器,所述RF发射信号适于与患者的组织相互作用的,允许感测所述患者的运动信号,其中,每个RF线圈装置被连接到单独的机器学习模块,用于将相应的感测到的运动信号和用于生成磁共振图像的信号传送到相应的机器学习模块。

[0023] 本发明还涉及一种操作磁共振成像系统以检查患者的方法,所述磁共振成像系统包括具有射频线圈和额外的RF传感器的射频线圈装置,所述方法包括以下步骤:

[0024] 由所述RF线圈发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号,以及

[0025] 由所述额外的RF传感器发射适于与所述患者的组织相互作用的RF发射信号,所述额外的RF传感器允许在发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的同时感测由于所述患者的运动引起的运动信号。

[0026] 该方法的优选实施例涉及以上进一步描述的MRI系统的优选实施例。

[0027] 此外,本发明还涉及一种用于控制磁共振成像系统的操作以检查患者的非瞬态计算机可读介质,所述磁共振成像系统包括具有RF线圈和额外的RF传感器的RF线圈装置,所述非瞬态计算机可读介质包括存储在其上的指令,所述指令在处理器上运行时执行本文中所述的任何方法的步骤。

## 附图说明

[0028] 参考本文下文中所描述的实施例,本发明的这些和其他方面将显而易见并将得以

阐述。这样的实施例不一定表示本发明的完全范围，然而，并且因此参考权利要求书和本文以解释本发明的范围。

[0029] 在附图中：

[0030] 图1示意性地示出了根据本发明的优选实施例的具有用于运动检测的集成的RF收发器设备的前置放大器印刷电路板，

[0031] 图2示意性地示出了根据本发明的另一优选实施例的具有用于运动检测的集成的RF收发器设备的前置放大器印刷电路板，

[0032] 图3示意性地示出了根据本发明的优选实施例的具有集成的RF运动检测器的RF线圈阵列，

[0033] 图4示意性地示出了根据本发明的另外的优选实施例的具有集成的RF运动检测器天线的RF线圈，

[0034] 图5示意性地示出了根据本发明的优选实施例的具有集成的分布式短截线天线的RF线圈天线，并且

[0035] 图6示意性地示出了根据本发明的优选实施例的在患者床上具有多个RF传感器的MRI系统。

[0036] 附图标记列表

[0037]	印刷电路板	1
[0038]	收发器设备	2
[0039]	天线	3
[0040]	射频线圈	4
[0041]	额外的RF传感器	5
[0042]	前置放大器	6
[0043]	数字化器和压缩器	7
[0044]	数字接口	8
[0045]	数字调制器	9
[0046]	放大器	10
[0047]	去相关器	11
[0048]	线圈	21
[0049]	运动检测设备	22
[0050]	组织	23
[0051]	天线阵列	41
[0052]	偶极子	42
[0053]	螺旋式Vivaldi设计	43
[0054]	分布式短截线天线	44
[0055]	机器学习模块	51
[0056]	患者床	52
[0057]	患者	53
[0058]	MRI膛	54
[0059]	射频传感器	55

[0060]	信号控制和处理单元	56
[0061]	MRI控制台	57
[0062]	MRI成像系统	60

### 具体实施方式

[0063] 从图1示意性地看到根据本发明的优选实施例的具有用于运动检测的集成的RF收发器设备2和RF线圈4的前置放大器印刷电路板1。这是具有RF线圈4的RF线圈装置,所述RF线圈4用于发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号,其中,所述RF线圈装置被提供有用于发射和接收RF发射信号的额外的RF传感器,所述RF发射信号适于与经受检查患者的组织相互作用,从而允许在发射和/或接收用于生成磁共振图像的RF信号的同时感测由于所述患者的运动而引起的运动信号。RF收发器2的天线3被集成在RF线圈4中,但是也可以定位于印刷电路板1上。RF线圈4本身也可以是多谐振设计中被RF收发器设备2用作天线设备。印刷电路板1包括雷达和RF传感器5,RF传感器5包括数字调制器9和放大器10,信号从那里被馈送到天线3。由RF线圈4接收的信号被馈送到前置放大器6,并且进一步馈送到数字化器和压缩器7。I/O功能通过数字接口8来实现。

[0064] 图2示意性地示出了根据本发明的另一优选实施例的具有用于运动检测的集成的RF收发器设备2'的前置放大器印刷电路板。总体设计类似于图1中所示的设计,并且相似的设备用相似的附图标记表示。但是,此处生成的载波信号或者在MRI波段之外,或者是数字扩频信号。经由去相关器11从MRI信号中去除扩频信号。RF线圈4同时用于MRI并且所述额外的RF信号用于运动检测。

[0065] 在图3中示意性地示出了根据本发明的优选实施例的具有集成的RF运动检测器的RF线圈阵列。每个单独的线圈21被装备有局部运动检测器设备22。运动检测设备22感测患者的组织23中的运动,即,患者的内部器官(心脏、肝脏)或患者的体表的运动。运动感测场由附图标记24表示。各个线圈元件之间的反射波或串扰都被用于进一步处理。

[0066] 图4示意性地示出了根据本发明的其他优选实施例的具有集成的RF运动检测器天线的RF线圈4,即a)天线阵列41,b)偶极子42,以及c)螺旋式Vivaldi设计43。在图5中,示意性地示出了根据本发明的另一优选实施例的具有集成的分布短截线天线44的RF线圈天线4。

[0067] 根据本发明的优选实施例,图6中示意性示出的MRI系统60包括具有深度学习能力的机器学习模块51。图6还示出了用于在MRI检查期间将患者53保持在MRI系统60的MRI膛54中的患者床52。患者床52包括用于发射RF发射信号的多个RF传感器55,所述RF发射信号适于与患者53的组织相互作用,从而允许在发射和/或接收用于生成磁共振图像RF信号的同时感测由于患者53的运动引起的运动信号。RF传感器55由信号控制和处理单元56控制,所述信号控制和处理单元56都被耦合到MRI控制台57以由用户和机器学习模块51进行操作。机器学习模块51接收感测到的运动信号和RF信号以生成磁共振图像。

[0068] 机器学习模块51正在识别RF传感器55的运行状况的相关传感器属性,例如,

[0069] 心脏的运动

[0070] 器官的运动(呼吸)

[0071] 身体和肢体的运动

[0072] 患者的姿态

[0073] 患者的体重

[0074] 电参数(介电常数和负载)

[0075] 反射功率

[0076] 线圈负载条件

[0077] 信号控制和处理单元56随着操作条件的改变而连续地修改RF传感器系数设置和其他参数,例如传感器、频率和天线的选择。机器学习模块51监测当前的操作条件,并且响应于突然的变化,恢复先前在相似条件下成功的过去的系数。

[0078] 成功的系数设置被存储在列表中,所述列表使用从测量的工作条件导出的多维属性向量进行索引。与具有数组结构的查找表不同,所述列表自动生成元素。列表的大小是随着要经历更多的操作条件而为动态的、增长的,并且随着相邻元素被认为是冗余的而收缩。

[0079] 尽管已经在附图和前面的描述中详细图示和描述了本发明,但是这样的图示和描述应当被认为是图示性或示范性的,而非限制性的。本发明不限于公开的实施例。本领域技术人员通过研究附图、公开内容以及权利要求书,在实践请求保护的本发明时能够理解并且实现对所公开的实施例的其他变型。在权利要求中,“包括”一词不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。尽管特定措施是在互不相同的从属权利要求中记载的,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求书中的任何附图标记不应被解释为对范围的限制。此外,为了清楚起见,可能没有在附图中的所有元件上都提供附图标记。

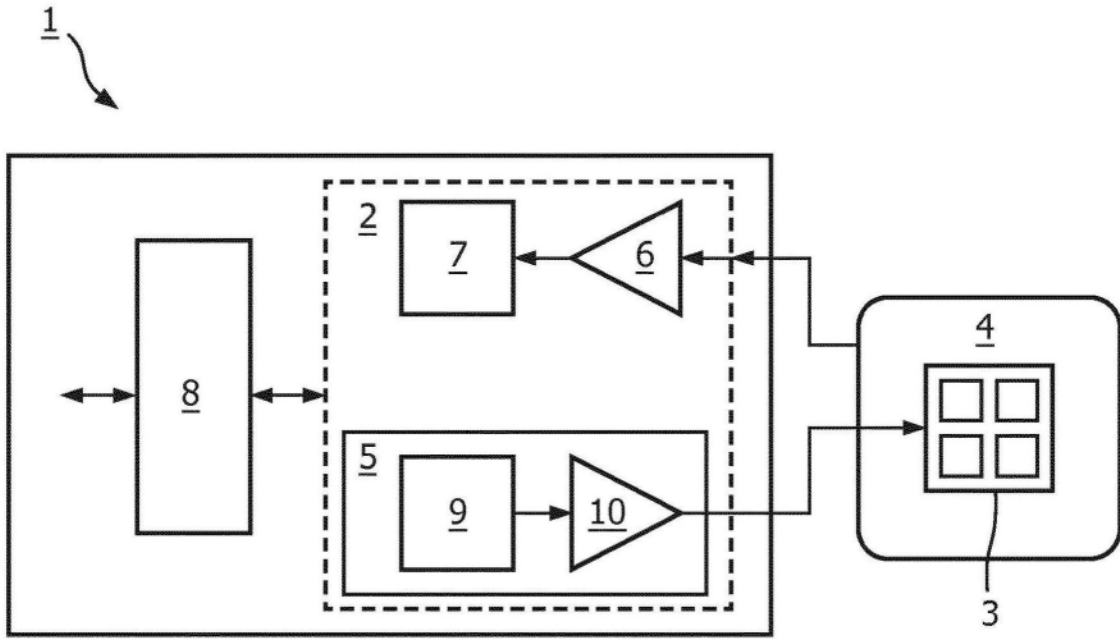


图1

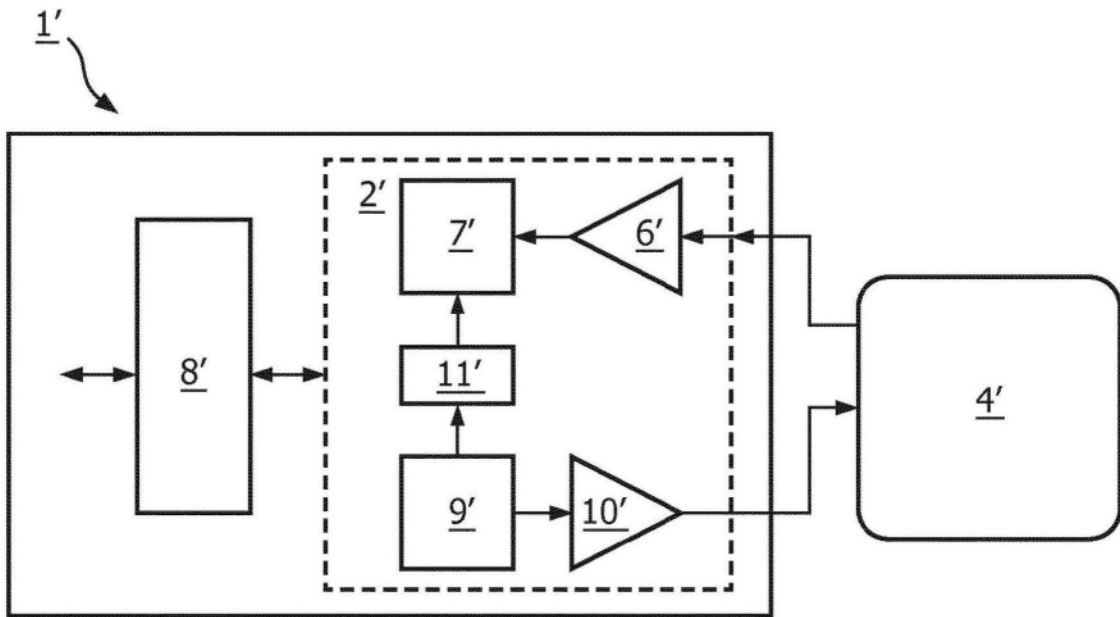


图2

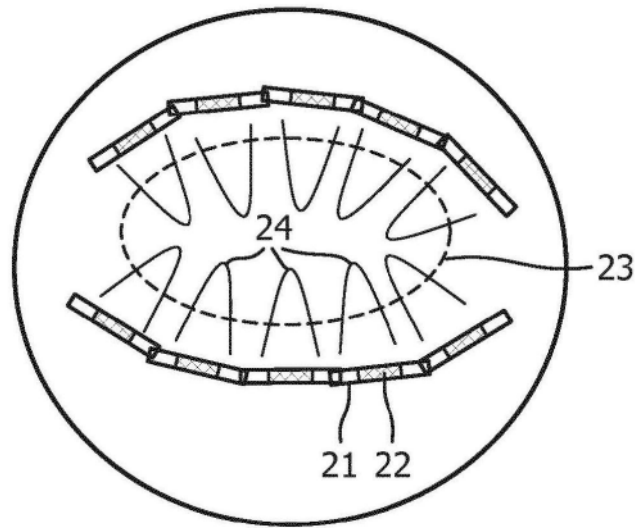


图3

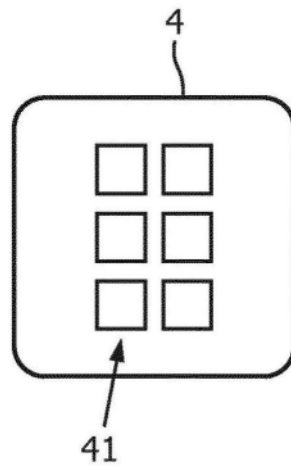


图4a

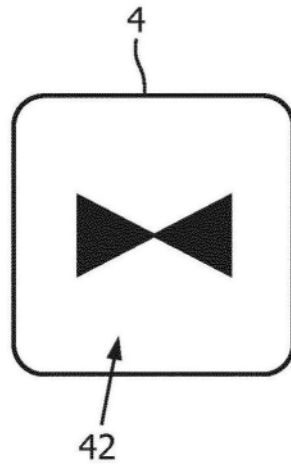


图4b

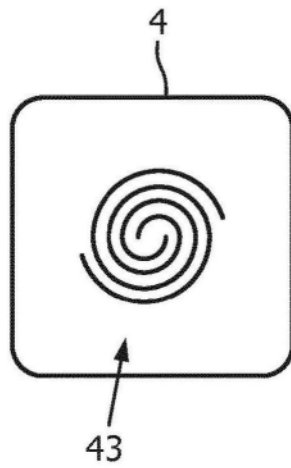


图4c

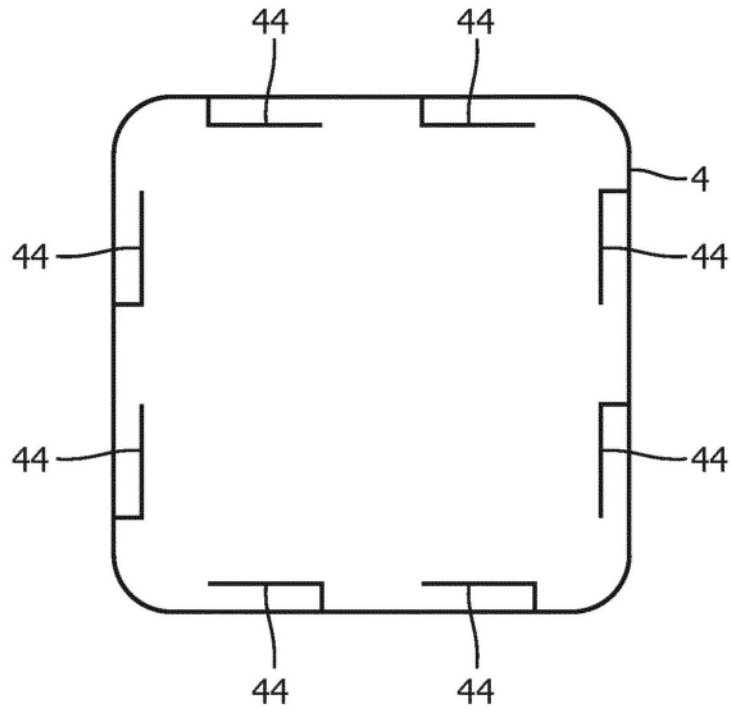


图5

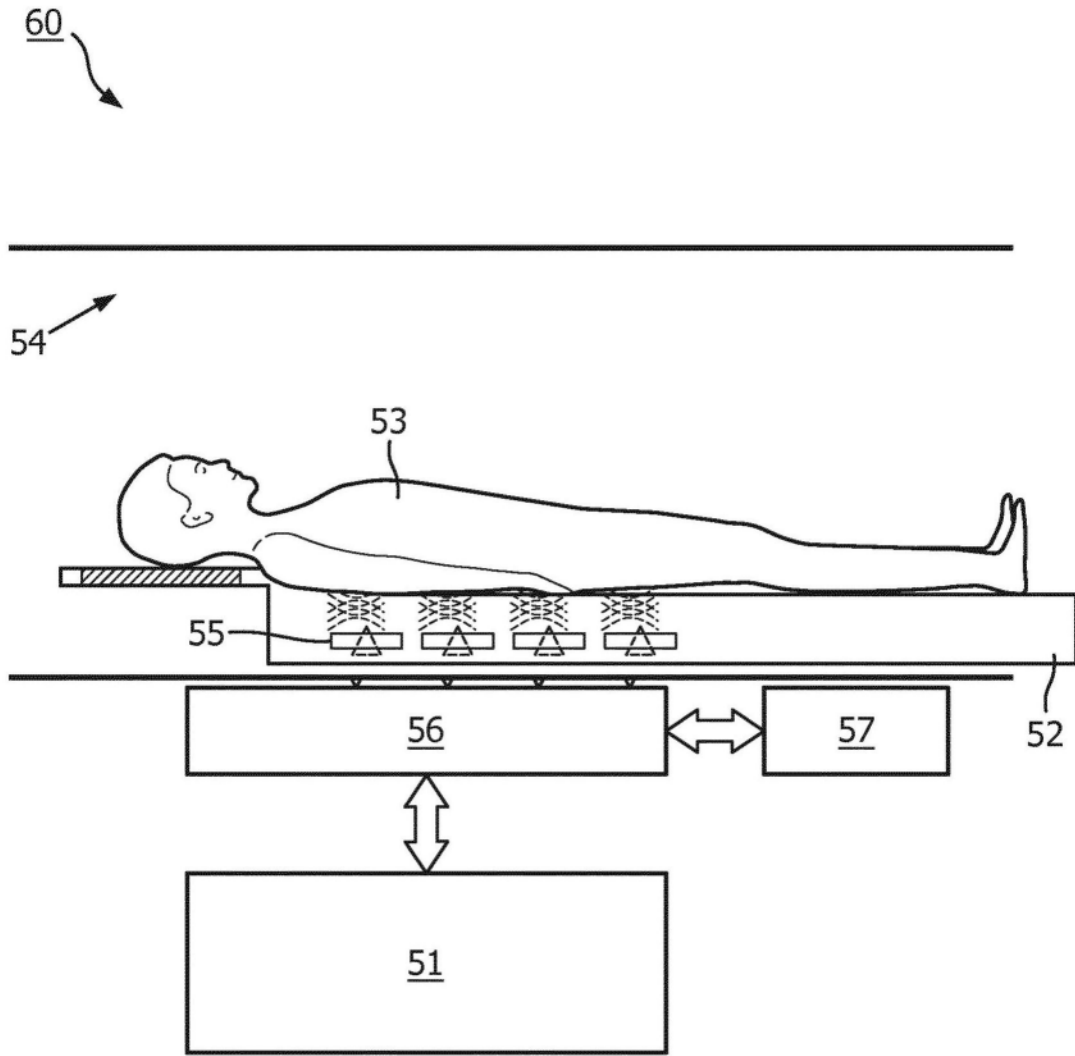


图6