



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105190342 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201480013965. 2

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22) 申请日 2014. 03. 13

代理人 李光颖 王英

(30) 优先权数据

61/778, 770 2013. 03. 13 US

(51) Int. Cl.

G01R 33/36(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01R 33/28(2006. 01)

2015. 09. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2014/059703 2014. 03. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/141109 EN 2014. 09. 18

(71) 申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 C·洛斯勒 D·维尔茨

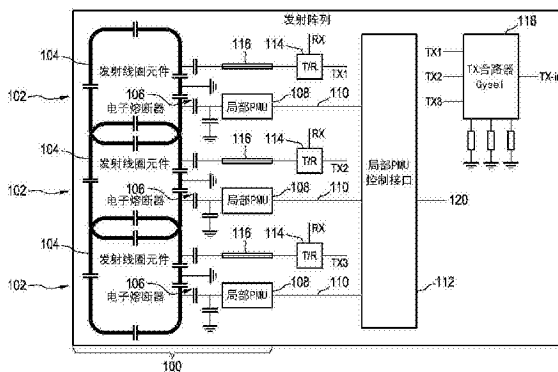
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

## (54) 发明名称

用于磁共振成像的多元件 RF 发射线圈

## (57) 摘要

本发明提供一种用于磁共振成像系统 (300) 的多元件发射线圈 (100)。所述多元件发射线圈包括具有线圈电路 (104) 的多个表面线圈元件 (102)，所述线圈电路具有集成的射频传感器 (106、604、704、804)。所述多元件发射线圈还包括具有模数转换器 (808) 的功率监测单元 (108)。所述功率监测单元包括被连接到每个模数转换器的处理器，所述处理器能够用于接收射频测量结果，以用于生成针对所述多个表面线圈元件中的每个的比吸收率数据 (348)。所述多元件发射线圈还包括被连接到所述处理器的光学数据传输系统 (110)。所述光学数据传输系统能够用于连接到磁共振成像系统控制器 (312、330)。所述光学数据传输系统能够用于将所述比吸收率数据传递到所述磁共振成像系统控制器。



1. 一种用于磁共振成像系统 (300) 的多元件发射线圈 (100), 其中, 所述多元件发射线圈包括:

- 多个表面线圈元件 (102), 其中, 每个表面线圈元件包括线圈电路 (104), 其中, 每个线圈电路包括射频传感器 (106、604、704、804), 其中, 所述射频传感器包括电流传感器和/或电压传感器;

- 功率监测单元 (108), 其具有针对每个射频传感器的被直接连接到每个射频传感器的模数转换器 (808), 其中, 所述功率监测单元包括被连接到每个模数转换器的处理器, 其中, 所述处理器能够用于使用被连接到每个射频传感器的所述模数转换器来接收针对每个线圈电路的射频测量结果, 其中, 所述处理器能够用于根据针对所述多个表面线圈元件中的每个的所述射频测量结果来生成比吸收率数据 (348);

- 光学数据传输系统 (110), 其被连接到所述处理器, 其中, 所述光学数据传输系统能够作用于连接到磁共振成像系统控制器 (312、330), 其中, 所述光学数据传输系统能够用于将所述比吸收率数据从所述处理器传递到所述磁共振成像系统控制器。

2. 如权利要求 1 所述的多元件发射线圈, 其中, 所述多个表面线圈元件中的每个是柔性的。

3. 如权利要求 1 所述的多元件发射线圈, 其中, 所述多个表面线圈元件中的每个被固定在刚性支撑结构中, 并且其中, 所述刚性支撑结构能够用于接收对象 (318) 的部分。

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的多元件发射线圈, 其中, 所述多个线圈元件中的至少部分交叠, 或者所述多个表面线圈元件不交叠。

5. 如前述权利要求中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述功率监测单元和被连接到每个射频传感器的每个模数转换器在单个外壳 (1104) 内。

6. 如前述权利要求中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述处理器能够使用所述射频测量结果和查找表来确定针对所述多个表面线圈元件中的每个的比吸收率估计, 其中, 所述比吸收率数据包括针对所述多个表面线圈元件中的每个的所述比吸收率估计。

7. 如前述权利要求中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述比吸收率数据包括所述射频测量结果。

8. 如前述权利要求中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述射频传感器是补偿蝶形线圈 (604)。

9. 如权利要求 1 至 7 中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述射频传感器是环形拾取线圈 (704)。

10. 如权利要求 1 至 7 中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述射频传感器被集成到所述线圈电路中的电容 (900) 中。

11. 如前述权利要求中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述处理器是现场可编程门阵列。

12. 如前述权利要求中的任一项所述的多元件发射线圈, 其中, 所述多元件发射线圈还能够用于接收磁共振信号。

13. 一种磁共振成像系统 (300), 包括磁共振成像系统控制器 (312、330), 其中, 所述磁共振成像系统控制器能够用于从根据前述权利要求中的任一项所述的多元件发射线圈 (100) 的光学数据传输系统 (110) 接收比吸收率数据 (348), 其中, 所述磁共振成像系统包

括多通道射频系统 (312), 其中, 所述多通道射频系统能够用于向所述多个表面线圈元件中的每个供应射频功率, 其中, 所述磁共振成像系统控制器能够用于控制所述多通道射频系统, 以在所述比吸收率数据指示所述比吸收率高于针对从所述多个表面线圈元件中选定的表面线圈元件的预定值的情况下减小被供应到所述表面线圈元件的射频功率。

14. 如权利要求 12 所述的磁共振成像系统, 其中, 所述磁共振成像系统包括所述多元件发射线圈。

15. 一种包括机器可执行指令 (350、352、354) 的计算机程序产品, 所述机器可执行指令用于由磁共振成像系统控制器运行, 所述磁共振成像系统控制器能够用于从根据权利要求 1 至 11 中的任一项所述的多元件发射线圈 (100) 的光学数据传输系统 (110) 接收比吸收率数据 (348), 所述磁共振成像系统包括多通道射频系统 (312), 其中, 所述多通道射频系统能够用于向所述多个表面线圈元件中的每个供应射频功率, 其中, 对所述指令的运行令所述磁共振成像系统控制器:

- 从所述光学数据传输系统接收 (400) 所述比吸收率数据; 并且

- 控制 (402) 所述多通道射频系统, 以在所述比吸收率数据指示所述比吸收率高于针对从所述多个表面线圈元件中选定的表面线圈元件 (100) 的预定值的情况下减小被供应到所述表面线圈元件的射频功率。

## 用于磁共振成像的多元件 RF 发射线圈

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于磁共振成像的多元件发射线圈,具体涉及针对多元件线圈的每个元件的比吸收率 (specific absorption ratio) 数据的生成。

### 背景技术

[0002] 在磁共振成像 (MRI) 中,射频 (RF) 线圈被用作用于激励核自旋并检测来自核自旋的信号的天线。随着低成本多通道 RF 放大器的可用性,发射通道的总数量不再受成本限制。高计数分布式 RF 放大器能够提供具有大量线圈元件的多元件发射阵列,以满足高场临床应用日益增长的需求。

[0003] 困难在于,多通道 RF 系统的每个独立线圈产生其自己的 RF 场,在采集磁共振图像时所述 RF 场可以诱发对象内加热的危险水平。

[0004] 在国际专利申请 WO 2006/117714 A2 中公开了一种在磁共振成像中使用的多通道发射/接收天线。RF 放大器能够被用到它们的全峰功率能力,而不需要冒 RF 放大器由于其输出处的过度的反射功率而损坏的风险。比吸收率是通过评估特定的正向和反射功率信号而被监测的。在 WO 2006/117714 A2 中,公开了对用于执行测量的循环器的使用。然而,循环器不能被用于高磁场条件下,例如不能存在于用于磁共振成像的磁体的腔内。

### 发明内容

[0005] 本发明在独立权利要求中提供了一种多元件发射线圈、一种磁共振成像系统以及一种计算机程序产品。在从属权利要求中给出了实施例。

[0006] 如本领域技术人员将意识到的,本发明的各方面可以被体现为装置、方法或计算机程序产品。因此,本发明的各方面可以采取整体硬件实施例、整体软件实施例(包括固件、驻留软件、微代码等)、或组合了软件和硬件方面的实施例的形式,在本文中所述软件和硬件方面总体上都可以被称作“电路”、“模块”或“系统”。此外,本发明的各方面可以采取体现在一个或多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式,所述一个或多个计算机可读介质具有在其上体现的计算机可执行代码。

[0007] 可以采用一个或多个计算机可读介质的任意组合。所述计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或计算机可读存储介质。本文中使用的“计算机可读存储介质”包括可以存储可由计算设备的处理器运行的指令的任意有形存储介质。所述计算机可读存储介质可以被称为计算机可读非瞬态存储介质。所述计算机可读存储介质还可以被称为有形计算机可读介质。在一些实施例中,计算机可读存储介质还能够存储能够被计算设备的处理器访问的数据。计算机可读存储介质的范例包括但不限于:软盘、硬磁盘驱动器、固态硬盘、闪存、USB 拇指驱动器、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、光盘、磁性光盘和所述处理器的寄存器文件。

[0008] 光盘的范例包括压缩盘 (CD) 和数字多功能盘 (DVD),例如 CD-ROM 盘、CD-RW 盘、CD-R 盘、DVD-ROM 盘、DVD-RW 盘或 DVD-R 盘。术语计算机可读存储介质还指能够经由网络

或通信链接被计算机设备访问的各种类型的记录媒介。例如数据可以在调制解调器上、因特网上或局域网上被检索。可以使用任何合适的介质来传输被体现在计算机可读介质上的计算机可执行代码,所述介质包括但不限于无线、电话线、光纤线缆、RF 等,或前述的任何适合的组合。

[0009] 计算机可读信号介质可以包括具有被体现在其中的计算机可执行代码的传播的数据信号,例如,在基带中或作为载波的部分。这样的传播的信号可以采取多种形式中的任何形式,包括但不限于电磁的、光学的或它们的任意适合的组合。计算机可读信号介质可以任何这样的计算机可读介质,即所述计算机可读介质不是计算机可读存储介质,并且所述计算机可读介质能够通信、传播或输送用于由指令运行系统、装置或设备使用或与指令运行系统、装置或设备结合使用的程序。

[0010] “计算机存储器”或“存储器”是计算机可读存储介质的范例。计算机存储器是能被处理器直接访问的任何存储器。“计算机存储装置”或“存储装置”是计算机可读存储介质的另外的范例。计算机存储装置是任何非易失性计算机可读存储介质。在一些实施例中,计算机存储装置也可以是计算机存储器,反之亦然。

[0011] 本文中所使用的“处理器”包括能够运行程序或机器可执行指令或计算机可执行代码的电子部件。对包括“处理器”的计算设备的引用应当被解释为可能含有多于一个处理器或处理核。

[0012] 计算机可执行代码可以包括令处理器执行本发明的方面的机器可执行指令或程序。用于执行针对本发明的方面的操作的计算机可执行代码可以以一种或多种编程语言的任意组合来编写,包括面向对象的编程语言(例如 Java、Smalltalk、C++ 等)和常规流程编程语言(例如,“C”编程语言或类似的编程语言)。在一些实例中,计算机可执行代码可以是高级语言的形式或是预编译的形式,并且可以与解释器结合使用,所述解释器联机生成机器可执行指令。

[0013] 计算机可执行代码可以完全地在用户的计算机上、部分地在用户的计算机上、作为单独的软件包、部分地在用户的计算机上并且部分地在远程计算机上、或者完全地在远程计算机或服务器上运行。在后一种场景中,远程计算机可以通过包括局域网(LAN)或广域网(WAN)的任何类型的网络被连接到用户的计算机,或者可以被连接到外部计算机(例如通过使用因特网服务提供商的因特网)。

[0014] 参考根据本发明的实施例的方法、装置(系统)以及计算机程序产品的流程图示和/或方框图来描述本发明的各方面。应当理解,流程图、图示和/或方框图的每个方框或方框的部分在适用时可以通过以计算机可执行代码的形式的计算机程序指令来实施。还应当理解,在不互相排斥时,可以组合不同的流程图、图示和/或方框图中的方框的组合。这些计算机程序指令可以被提供到通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器,以产生机器,使得经由计算机或其他可编程数据处理装置的处理器运行的指令创建用于实施流程图和/或一个或多个方框图方框中指定的功能/动作的单元。

[0015] 这些计算机程序指令也可以被存储在计算机可读介质中,所述计算机可读介质可以引导计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备以特定方式工作,使得存储在计算机可读介质中的指令产生制品,所述制品包括实施在流程图和/或一个或多个方框图方框中指定的功能/动作的指令。

[0016] 计算机程序指令也可以被加载到计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备上,以引起要在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行的一系列操作步骤,从而产生计算机实施的过程,使得在计算机或其他可编程装置上运行的指令提供用于实施在流程图和/或一个或多个方框图方框中指定的功能/动作的过程。

[0017] 本文中所使用的“用户界面”是允许用户或操作者与计算机或计算机系统进行交互的界面。“用户界面”也可以被称作“人机界面设备”。用户界面可以向操作者提供信息或数据和/或从操作者接收信息或数据。用户界面可以使得来自操作者的输入能够由计算机接收,并且可以向用户提供来自计算机的输出。换言之,所述用户界面可以允许操作者控制或操纵计算机,并且界面可以允许计算机指示操作者的控制或操纵的效果。数据或信息在显示器或图形用户界面上的显示是向操作者提供信息的范例。

[0018] 本文中所使用的“硬件接口”包括使得计算机系统的处理器能够与外部计算设备和/或装置交互和/或控制外部计算设备和/或装置的接口。硬件接口可以允许处理器向外部计算设备和/或装置发送控制信号或指令。硬件接口也可以使得处理器能够与外部计算设备和/或装置交换数据。硬件接口的范例包括但不限于:通用串行总线、IEEE 1394 端口、并行端口、IEEE 1284 端口、串行端口、RS-232 端口、IEEE-488 端口、蓝牙连接、无线局域网连接、TCP/IP 连接、以太网连接、控制电压接口、MIDI 接口、模拟输入接口以及数字输入接口。

[0019] 本文中所使用的“显示器”或“显示设备”包括适用于显示图像或数据的输出设备或用户界面。显示器可以输出视觉、听觉和/或触觉数据。显示器的范例包括但不限于:计算机监视器、电视机屏幕、触摸屏、触觉电子显示器、盲文屏幕、

[0020] 阴极射线管(CRT)、存储管、双稳态显示器、电子纸、矢量显示器、平板显示器、真空荧光显示器(VF)、发光二极管(LED)显示器、电致发光显示器(ELD)、等离子显示板(PDP)、液晶显示器(LCD)、有机发光二极管显示器(OLED)、投影仪以及头戴式显示器。

[0021] 磁共振(MR)数据在本文中被定义为在磁共振成像扫描期间对由原子自旋发射的射频信号通过磁共振装置的天线的记录下的测量结果。磁共振成像(MRI)图像在本文中被定义为是对在磁共振成像数据内含有的解剖数据的经重建的二维或三维可视化。可以使用计算机来执行该可视化。

[0022] 在本文中比吸收率(SAR)被定义为每单位质量所吸收的RF功率。在本文中局部SAR被定义为具有最大SAR的体素的SAR的值。在本文中全局SAR被定义为在被成像的整个目标上积分的SAR。

[0023] 在一方面中,本发明提供了一种用于磁共振成像系统的多元件发射线圈。所述多元件发射线圈包括多个表面线圈元件。本文中所使用的表面线圈包括能够被紧密接近对象放置的线圈。所述表面线圈可以被放置在对象的表面上或附近。每个表面线圈元件包括线圈电路,并且每个线圈电路包括射频传感器。所述射频传感器能够是被并入所述线圈电路中的电流传感器和/或电压传感器。电流测量结果或电压测量结果可以结合电路的模型或经验数据而被用于推断比吸收率可能是多少。

[0024] 所述多元件发射线圈还包括功率监测单元,所述功率监测单元具有针对每个射频传感器的被直接连接到每个射频传感器的模数转换器。也就是说,存在针对每个射频传感器的模数转换器。可以存在连接到数模转换器中的每个的功率监测单元,或者可以存在针

对每个独立模数转换器的功率监测单元。所述功率监测单元包括被连接到每个模数转换器的处理器。所述处理器能够用于使用被连接到每个电流传感器的所述模数转换器来接收针对每个线圈电路的射频测量结果。本文中所使用的射频测量结果包括对射频电路的物理参数或状态的测量结果,这实现了对所述电路的射频属性的确定。例如,对射频电压或电流的测量结果可以使得能够使用建模或实验结果来确定射频场或待确定的 SAR 的确定。

[0025] 所述功率监测单元能够用于根据针对所述多个表面线圈元件中的每个的所述射频测量结果来生成比吸收率数据。所述多元件发射线圈还包括光学数据传输系统,所述光学数据传输系统被连接到所述处理器的。所述光学数据传输系统能够用于连接到磁共振成像系统控制器。所述光学数据传输系统能够用于将所述比吸收率数据从所述处理器传输到所述磁共振成像系统控制器。

[0026] 该实施例能够在磁共振成像系统的强磁场内使用。

[0027] 该实施例可以是有益的,这是因为一个或多个所述功率监测单元提供可以描述针对所述多元件发射线圈的特定表面线圈的所述比吸收率的数据。通过使用每个线圈电路中的射频传感器,能够独立地监测各个表面线圈。如果特定表面线圈产生太多的射频能量以至于所述比吸收率太高,则到该独立的表面线圈元件或表面线圈元件的组的功率能够被减少,以避免使所述对象过热。所述多元件发射线圈可以是能从磁共振成像系统分离的。由于使用了表面线圈元件,可以想象所述多元件发射线圈被放置在对象上或接近对象,或者可以并入用于将所述多元件发射线圈紧密接近对象安装的结构。所述比吸收率数据在不同的实施例中可以采取不同的形式。在一些实施例中,所述比吸收率数据可以包括对由特定表面线圈元件引起的所述比吸收率的估计。在其他实施例中,测得的原始数据或简单地对象射频电流或电压的估计被并入或包括在所述比吸收率数据中。

[0028] 在一些实施例中,所述单个功率监测单元可以是多个功率监测单元。类似地,所述处理器也可以是多个处理器。所述光学数据传输系统能够包括一根或多根光纤。在一些实施例中,可以通过电接触来供应用于为所述功率监测单元供电的电压或电力。这可以实现即使在诸如磁共振成像系统的高磁场环境中对电力的供应。

[0029] 在另一实施例中,所述多个表面线圈元件中的每个是柔性的。在该实施中,所述多元件发射线圈可以被放置在对象的表面上。所述表面线圈元件的柔性性质可以使得所述多元件发射线圈能够以符合所述对象的形状的方式被放置在所述对象上。

[0030] 在另一实施例中,所述多个表面线圈元件中的每个被固定在刚性支撑结构中。所述刚性支撑结构能够用于接收所述对象的部分。在该实施例中,所述表面线圈可以被刚性支撑结构保持在特定位置中。该实施例可以用于检查对象解剖结构的特定部分尤其有用。例如,所述刚性支撑结构能够用于安装在所述对象的头或其他部分周围。该实施例可以具有将所述表面线圈元件放在相对于所述对象的所述解剖结构的特定布置中的益处。

[0031] 在另一实施例中,所述多个表面线圈元件的至少部分交叠,或者所述多个表面线圈元件不交叠。在所述线圈元件交叠的情况下,使用所述射频传感器对象所述射频电流或电压的所述测量是有利的,这是因为其提供了对由特定线圈电路单独产生的磁场或 RF 场的估计。

[0032] 在另一实施例中,所述功率监测单元和被连接到每个射频传感器的每个模数转换器在单个外壳内。

[0033] 在另一实施例中,所述处理器能够使用所述射频测量结果和查找表来确定针对所述多个表面线圈元件中的每个的比吸收率估计。所述比吸收率数据包括针对所述多个表面线圈元件中的每个的比吸收率估计。所述查找表能够通过制作数值模型而被确定,或者能够使用在使用所述多个表面线圈元件在体模上的测量结果来制作所述查找表。该实施例可以具有产生非常快速确定的比吸收率估计的益处,所述比吸收率估计也可以是非常准确的。这可以实现对磁共振成像系统的实时控制,以避免使所述对象的部分过热。

[0034] 在另一实施例中,所述比吸收率数据包括所述射频测量结果。

[0035] 在另一实施例中,所述射频传感器是补偿蝶形线圈。补偿蝶形线圈也可以被称作补偿 8 字形线圈,是用于进行电流测量或磁场测量的已知类型的线圈。

[0036] 在另一实施例中,所述射频传感器为环形拾取线圈。环形拾取线圈是已知类型的磁场或电流测量线圈,并且有时也被称作 B-dot 探头。

[0037] 在另一实施例中,所述射频传感器被集成到所述线圈电路中的电容中。例如,所述电容可以是集总元件部件,如陶瓷电容器或分布式电容器,所述集总元件部件由多层高 Q PCB 材料组成。在一些实施例中,电容两端的电压是经由高阻抗电容耦合或者使用感测局部 E 场的小偶极天线而在所述电容器上测得的。这样的 E 场探头能够被集成在 PCB 电容器布局中,或者被直接粘在集总电容器上。该实施例可以具有将所述线圈电路的已经存在的部件并入所述射频传感器中的益处。

[0038] 在另一实施例中,所述处理器是现场可编程门阵列。现场可编程门阵列可以提供高成本效益且有效的提供能够被定位在所述多元件发射线圈上的功率监测单元的手段。

[0039] 在另一实施例中,所述多元件发射线圈还能够用于接收磁共振信号。例如,所述多元件发射线圈也可以是多元件发射和接收线圈。

[0040] 在另一方面中,本发明提供了一种磁共振成像系统,所述磁共振成像系统包括磁共振成像系统控制器。所述磁共振成像系统控制器能够用于从根据本发明的实施例的多元件发射线圈的光学数据传输系统接收比吸收率数据。所述磁共振成像系统包括多通道射频系统。所述多通道射频系统能够用于向所述多个表面线圈元件中的每个供应射频功率。

[0041] 所述磁共振成像系统控制器能够用于控制所述多通道射频系统来减少向从所述多个表面线圈元件中选定的表面线圈元件供应的射频功率,如果比吸收率数据指示所述比吸收率高于针对所述表面线圈元件的预定值。该实施例可以具有自动减小或停止对到在对象内生成太多射频能量的表面线圈元件的射频功率的递送的益处。

[0042] 在另一实施例中,所述磁共振成像系统包括所述多元件发射线圈。

[0043] 在另一实施例中,所述多元件发射线圈能从所述磁共振成像系统移除。

[0044] 在另一方面中,本发明提供了一种包括机器可执行指令的计算机程序产品,所述机器可执行指令用于由磁共振成像系统控制器运行,所述磁共振成像系统控制器能够用于从根据本发明的实施例的多元件发射线圈的光学数据传输系统接收比吸收率数据。例如,所述磁共振成像系统控制器可以是计算机,或者具有可以使其能够运行机器可执行指令的处理器。所述磁共振成像系统包括多通道射频系统。所述多通道射频系统能够用于向所述多个表面线圈元件中的每个供应射频功率。

[0045] 对所述指令的运行令所述磁共振成像系统控制器从所述光学数据传输系统接收所述比吸收率数据。对所述指令的运行还令所述磁共振成像系统控制器控制所述多通道射



频系统,以在所述比吸收率数据指示所述比吸收率高于针对从所述多个表面线圈元件中选定的表面线圈元件的预定值的情况下减少对所述表面线圈元件的射频功率供应。

[0046] 应当理解,本发明的前述实施例中的一个或多个可以被组合,只要组合的实施例互不排斥。

## 附图说明

[0047] 下面将参考附图仅通过举例来描述本发明的优选的实施例,其中:

[0048] 图 1 示出了多元件发射线圈的范例;

[0049] 图 2 示出了能够使用多元件发射线圈来形成的控制环路的范例;

[0050] 图 3 示出了磁共振成像系统的范例;

[0051] 图 4 示出了图示由磁共振成像系统控制器执行的方法的流程图;

[0052] 图 5 示出了可以由被并入多元件发射线圈中的功率管理单元的处理器考虑的输入和输出中的一些;

[0053] 图 6 示出了电流传感器的范例;

[0054] 图 7 示出了电流传感器的另外的范例;

[0055] 图 8 示出了功率监测单元的 RF 链的视图;

[0056] 图 9 示出了利用 RF 线圈的谐振电容器的电流传感器;

[0057] 图 10 示出了表面线圈元件的阵列;并且

[0058] 图 11 示出了未被屏蔽的发射和接收线圈的阵列。

[0059] 附图标记:

[0060] 100 多元件发射线圈

[0061] 102 表面线圈元件

[0062] 104 线圈电路

[0063] 106 电压传感器

[0064] 108 功率监测单元

[0065] 110 光学数据传输系统

[0066] 112 局部功率管理单元控制接口

[0067] 114 发射接收开关

[0068] 116 传输线

[0069] 118 发射合路器

[0070] 120 到磁共振成像系统控制器的连接

[0071] 200 发射线圈元件

[0072] 202 射频放大器

[0073] 204 控制系统

[0074] 206 功率管理单元光学输出

[0075] 300 磁共振成像系统

[0076] 304 磁体

[0077] 306 磁体的腔

[0078] 308 磁场梯度线圈

- [0079] 310 磁场梯度线圈电源
- [0080] 311 表面线圈元件
- [0081] 312 发射器
- [0082] 313 接收线圈
- [0083] 314 接收器
- [0084] 316 成像区
- [0085] 318 对象
- [0086] 320 对象支撑体
- [0087] 330 计算机
- [0088] 332 硬件接口
- [0089] 334 处理器
- [0090] 336 用户界面
- [0091] 338 计算机存储装置
- [0092] 340 计算机存储器
- [0093] 342 脉冲序列
- [0094] 344 磁共振数据
- [0095] 346 磁共振图像
- [0096] 348 比吸收率数据
- [0097] 350 控制模块
- [0098] 352 图像重建模块
- [0099] 354 比吸收率监测模块
- [0100] 600 铜带
- [0101] 602 窗口
- [0102] 604 蝶形线圈
- [0103] 606 电流的方向
- [0104] 608 输出
- [0105] 700 侧视图
- [0106] 702 立体视图
- [0107] 704 环形线圈
- [0108] 800 功率监测单元的 RF 链
- [0109] 802 功率监测单元的视图
- [0110] 804 电流传感器
- [0111] 806 放大器
- [0112] 808 模数转换器
- [0113] 810 光学转换器
- [0114] 812 光纤
- [0115] 814 功率监测单元
- [0116] 900 电容器
- [0117] 902 平衡 - 不平衡变换器

- [0118] 904 到数字 RF 传感器的输出
- [0119] 1000 线圈
- [0120] 1002 传感器
- [0121] 1004 射频屏蔽
- [0122] 1100 线圈
- [0123] 1102 传感器
- [0124] 1104 数字接收器
- [0125] 1106 光学输出

### 具体实施方式

[0126] 在这些附图中,具有相似的附图标记的元件是等价的元件或执行相同的功能。如果功能是等价的,则在较后的附图中将不必讨论之前已经讨论过的元件。

[0127] 对每个独立发射线圈元件的监测可以是对于 RF 安全操作有益的。范例可以提供通过使用线圈内的本地独立 RF 传感器来提供 RF 安全概念的有效方式。

[0128] 全身多发射体线圈具有经校准的集成拾取线圈 (PUC),以局部地监测每个独立发射通道的 B1 幅相。对于体线圈,发射器以及 PUC 放置和几何结构与必要的布线一起在空间上是固定的,并且对系统的一次初始校准对于正确操作而言是足够的。对于被放置在对象上的线圈或使用柔性线圈,这样的解决方案则不是可选项。

[0129] 对于 RF 患者安全性,柔性发射线圈阵列可以提供 RF 安全概念,所述 RF 安全概念保证了对 SAR 的充分控制,并且提供了稳定且可靠的 B1 监测和校准,所述 B1 监测和校准不取决于由于柔性的浮动拾取线圈线缆问题和耦合问题。

[0130] 在一些范例中,具有局部数字功率监测单元 (PMU) 和监测 B1 脉冲状态以及荷载条件的 RF 传感器接收器的局部发射 (Tx) 线圈的每个独立的元件允许确保了 RF 安全的独立控制和实时功率监测。

[0131] 可以例如使用 FPGA 来处理数字信号。使用局部 PMU 减少了连接的量并因此降低了成本。

[0132] 在多发射阵列中,为了所述阵列的安全操作,可以监测每个独立线圈元件。每个线圈元件因此要求额外的局部传感器及相应的布线,这增加了总体线圈设计的复杂度和成本。

[0133] 在一些范例中,来自传感器的 RF 信号可以在本地被放大并数字化。可以这样做来计算局部 SAR 以及线圈的 RF 电流或电压。这样的系统能够为患者提供独立的安全性,即使是在严重故障的情况下,例如电容器、PCB 或馈线击穿,太大的 RF 功率 (RF 功率放大器、SW 脉冲计算、……)。

[0134] 一些范例可以通过使用 RF 电流或电压传感器监测每个线圈元件的独立 B1 信号并通过 ADC (在线圈上的) 直接采样并且由 FPGA 处理来解决安全性问题。柔性发射线圈阵列的独立线圈元件具有其独特的独立 SAR 模型,所述模型被存储在 FPGA 处理器中以用于安全性计算 (局部 PMU)。

[0135] 对于柔性多元件发射线圈阵列,对独立线圈元件的监测可以是有益的。关于柔性发射阵列,我们提出实时地在本地计算每个线圈元件的独立 SAR。使用独立局部 PMU 单元

和局部 RF 电流或电压传感器,局部信号被直接采样,并且能够根据查找表计算或检索 SAR。每个独立 Tx 元件的状态均实时独立地被监测。

[0136] 局部数字 PMU 单元能够局部地控制、校准并决定每个线圈元件的安全状态。局部 PMU 充当扫描过程的互锁。只要线圈状态偏离期望的安全状态,扫描即被禁止。

[0137] 所提出的系统还测量线圈的荷载。该测量进入被载入每个独立线圈元件的存储器 and / 或 FPGA 处理器中的 SAR 模型(实验数据)。

[0138] 独立线圈元件能够具有不同的 SAR 模型(在阵列中心的元件与被定位在线圈边缘的那些相比可以经历对象的不同荷载和辐射作用)。反射的功率在线圈阵列上的局部荷载中即刻被吸收(例如采用 Gyse1 合路器)。在 RF 放大器缺陷(例如振荡)、软件错误、线缆断开的情况下,局部 PMU 即刻检测到故障,降低 RF 功率或中断扫描。使用 EM 软件、B1 映射算法,以及经校准的局部 RF 电流检测的测量结果来计算 RF 磁场  $B1[\mu T/(W)0.5]$ 。

[0139] 图 1 示出了多元件发射线圈 100 的范例。多元件发射线圈 100 包括多个表面线圈元件 102。每个表面线圈元件 102 具有用作电压传感器的电容性分压器 106。电流传感器也可以代替电压传感器 106。局部电源管理单元 108 测量电容分压器上的电压,并使用该电压利用处理器来计算比吸收率数据。局部 PMU 108 经由光学数据传输系统 110 被连接到局部 PMU 控制器接口 112。局部 PMU 控制器接口 112 可以简单地经由另一光学连接 120 将数据转发到磁共振成像系统控制器,或者其可以使用来自局部 PMU 108 的数据来执行一些计算或建模。每个线圈电路 104 具有被连接到传输线 116 的发射器接收开关 114。传输开关 114 的传输部分可以被连接到传输合路器 118。

[0140] 在图 1 中,由于紧密接近独立线圈,因浮动耦合效应、拾取回路信号线的线缆电流而难以实现局部拾取监测与校准。每个独立发射线圈元件由局部 PMU 处理器单元监测,所述局部 PMU 处理器单元通过 ADC 采样和直接处理来独立地测量复杂的 B1 发射脉冲信号。数字信号由局部 FPGA 系统进一步处理。集成的功率合路器将 RF 功率分布到若干独立线圈。

[0141] 分压器 106 和 / 或局部 PMU 108 也可以具有额外的 RF 屏蔽,以减小来自相邻表面线圈元件的耦合。例如,屏蔽能够由铜箔组成,并被卷绕在传感器周围,或者可以是 RF 屏蔽或导电外壳。

[0142] 图 2 示出了能够使用多元件发射线圈形成的控制回路的范例。在图 2 中示出了发射线圈元件 200。其由射频放大器 202 供应射频功率。存在控制射频放大器 202 的控制系统 204。未示出的是 PMU 单元,其在使用时直接在发射线圈元件 200 上取得射频测量结果。存在为控制系统 204 提供比吸收率数据的功率管理单元光学输出 206 或光学数据传输系统。如果由发射线圈元件产生的估计的比吸收率太高,则控制系统 204 能够减小或关闭由射频放大器 202 对发射线圈元件 200 的供应的功率。

[0143] 图 2 中示出的控制回路也可以并入 RF 屏蔽,以减小来自相邻表面线圈元件的耦合。例如,屏蔽能够由铜箔组成,并且被卷绕在传感器和 / 或被用于供应射频测量的任何电子设备的周围。

[0144] 图 3 示出了磁共振成像系统 300 的范例。磁共振成像系统 300 包括磁体 304。磁体 304 为圆柱型超导磁体。磁体具有带超导线圈的液氮冷却低温恒温器。也有可能使用永磁体或常导磁体。对不同类型的磁体的使用也是可能的,例如也有可能使用分裂圆柱型磁体和所谓的开放磁体两者。分裂圆柱型磁体类似于标准的圆柱型磁体,除了低温恒温器被

分裂成两段,以允许对磁体的等平面的访问,这样的磁体例如可以与带点粒子束治疗结合使用。开放磁体具有两个磁体段,一个在另一个之上,其具有足够大以接受对象的空间:两段区域的布置类似于亥姆霍兹线圈的布置。开放式磁体是流行的,这是因为对象受较少限制。在圆柱型磁体的低温恒温器里面存在超导线圈的集合。在圆柱型磁体的腔内存在成像区,所述成像区中的磁场是强且均匀的,足以执行磁共振成像。

[0145] 在磁体 304 的腔 306 内存在磁场梯度线圈 308,所述磁场梯度线圈 308 由磁场梯度线圈电源 310 供应电流。磁场梯度线圈 308 被用于在对磁共振数据的采集期间对磁体的成像区内的磁自旋进行空间编码。磁场梯度线圈 308 旨在是代表性的。典型地,磁场梯度线圈包含三个独立的线圈组,以用于在三个正交的空间方向上进行空间编码。供应到磁场线圈 308 的电流被根据时间控制,并且可以是斜坡的或脉冲的。

[0146] 在磁体 306 的腔内的是成像区 316,在所述成像区 316 中磁场对于执行磁共振成像而言足够均匀。再者,在磁体 306 的腔内,对象 318 静卧于对象支撑体 320 上并且具有在他的表面上的三个表面线圈元件 311。对象 318 的部分以及三个表面线圈 311 在成像区 316 内。

[0147] 表面线圈元件 311 中的每个被连接到发射器 312。可以存在电连接,其向表面线圈元件 311 中的每个中的功率监测单元供应电力。也可以存在功率监测单元与发射器 312 之间的光纤连接。存在被安装在磁体 306 的腔中的额外的接收线圈 313。接收线圈 313 被连接到接收器 314。在一些实施例中,发射器 312 和接收器 314 被合并成单个单元。再者,在一些实施例中,表面线圈元件 311 也能够同样用于接收磁共振信号。内置于表面线圈元件 311 中的功率监测单元将比吸收率数据 348 发送到发射器 312。在一些实例中,在发射器 312 内可以存在控制器,所述控制器在如图 2 所示的反馈回路中使用比吸收率数据 348。磁场梯度线圈电源 310、发射器 312 和接收器 314 被示为被连接到计算机系统 330 的硬件接口 332。

[0148] 计算机系统还包括用于运行机器可执行指令的处理器 334。处理器被示为被连接到硬件接口 332 和用户界面 336。硬件接口 332 使得处理器能够控制磁共振成像系统 300 的功能。处理器 334 也被示为被连接到计算机存储装置 338 和计算机存储器 340。

[0149] 计算机存储装置 338 被示为包含脉冲序列 342。脉冲序列 342 为命令集或指令集,所述命令集或指令集能够被转化成使得处理器 334 能够控制磁共振成像系统 300 的操作以采集磁共振数据 344 的命令。计算机存储装置 338 被示为包含磁共振数据 344。计算机存储装置 338 也被示为包含根据磁共振数据 344 重建的磁共振图像 346。计算机存储装置 338 被示为还包含比吸收率数据 348。比吸收率数据 348 例如可以被从发射器 312 传递到计算机系统 330。

[0150] 计算机存储器 340 被示为包含控制模块 350。控制模块 350 包含使得处理器 334 能够控制磁共振成像系统 300 的操作和功能的计算机可执行代码。例如,控制模块 350 可以使用脉冲序列 342 来采集磁共振数据 344。计算机存储器 340 被示为还包含图像重建模块 352。图像重建模块 352 使得处理器 334 能够使用磁共振数据 344 来重建磁共振图像 346。计算机存储器 340 被示为还包含比吸收率监测模块 354。在一些实施例中,比吸收率监测模块 354 可以分析比吸收率数据 348,并且然后发送命令以控制发射器 312。例如,如果表面线圈元件 311 中的一个正在生成过多的 SAR,则处理器 334 能够发送命令以令发射器 312

切断到该具体表面线圈元件 311 的功率,或减少被发送到它的功率。

[0151] 图 4 示出了图示由磁共振成像系统控制器执行的方法的流程图。首先,在步骤 400 中,从功率监测单元的光学数据传输系统接收比吸收率数据。功率监测单元被连接到表面线圈元件,并在线圈电路上执行某种射频测量。接下来,在步骤 402 中,控制多通道射频系统,以在特定的表面线圈元件具有高于预定值的比吸收率的情况下减小功率。

[0152] 图 5 示出了可以由被并入多元件发射线圈中的电源管理单元的处理器的输入和输出中的一些。方框 500 表示对 PMU 单元的局部处理器的输入。

[0153] 方框 500 可以取得的一些输入可以是直流复合电流 502,所述直流复合电流 502 接着关于全局 SAR 504 而被建模,全局 SAR 504 接着被输入到处理器 500 中。表格或患者模型 506 也可以被用作输入。也可以存在被用作输入的电磁 SAR 计算 508。也可以存在输入偏置校正 510,其作为到处理器 500 中的输入值而被输入。输入偏置校正例如可以被用于限定安全水平。在 512 中,作为输出,做出 RF 脉冲是否安全的决定。如果答案是否,则向磁共振控制台 514 发送警告消息,或者系统直接控制射频系统来减小到引起问题的线圈的功率。如果射频脉冲是安全的,则方法继续执行磁共振成像测量 516。

[0154] 图 6 示出了电流传感器的范例。存在铜带 600,其具有在其中切开的窗口 602。在窗口 602 内的是蝶形线圈 604。箭头 606 指示在一个特定时刻处的电流方向。随着电流变化,蝶形线圈 604 中将存在感生的电压电势。能够通过输出部 608 处放置数模转换器来测量所述电压电势。蝶形线圈 604 有时也被称作 8 字形线圈。

[0155] 图 7 示出了电流传感器的不同范例。有侧视图 700 和立体视图 702。存在用作线圈电路中的导体的铜带 600,并且箭头 606 再次指示在特定时刻处的电流方向。在两个铜带 600 之间的是被用于测量电流 606 的变化的环形线圈 704。环形线圈 704 有时也可以被称作 B-dot 探头。

[0156] 图 7 中示出的电流传感器也可以具有额外的 RF 屏蔽,以减小来自相邻表面线圈元件的耦合。例如,屏蔽能够由铜箔组成,并且被卷绕在传感器周围。这适用于一般的传感器,并且能够被用于屏蔽图 7 中示出的环形传感器 704 或平面传感器。

[0157] 图 8 示出了功率监测单元的 RF 链 800 的视图。视图 802 则示出具有被集成到其中的 RF 链的功率监测单元 802 的视图。RF 链 800 示出了电流传感器 804,所述电流传感器 804 的输出进入放大器 806。放大器 806 则被输入到具有模数转换器 (ADC) 808 的现场可编程门阵列 (FPGA) 810 中。RF 信号由 ADC 808 数字化。在数字域中,信号被混合以获得 I 通道和 Q 通道、数字接收器的功能。这是基础,因为相位和幅度被用于计算 SAR。部件 810 可以被认为是数字接收器和 FPGA 810。FPGA 810 中的具有十叉的两个圆可以象征数字 IQ 接收器。

[0158] FPGA 810 还并入了光学转换器。链的输出部则是光纤 812。在视图 802 中存在被连接到两个铜带 600 的功率监测单元 814。在该图中示出了高度集成的传感器,例如设备或集总部件,所述高度集成的传感器具有被并入到其中的数字链。该传感器被与线圈导体串联并且具有光学输出部 812。

[0159] 图 8 中示出的电流传感器也可以具有额外的 RF 屏蔽,以减小来自相邻表面线圈元件的耦合。例如,屏蔽能够由铜箔组成并且被卷绕在传感器或 RF 链 800 周围。在一些范例中,功率监测单元 814 的外壳能够用作 RF 屏蔽。

[0160] 图 9 示出了利用 RF 线圈的谐振电容器 900 的电流传感器。在一些实施例中,在感测线路中可能需要匹配网络,如在这里被指示为两个匹配电容器。也可能需要平衡 - 不平衡变换器 902 以用于减小线路中的共模电流。如图 8 中描述的,信号然后被馈送到 RF 传感器 904。

[0161] 图 10 示出了表面线圈元件 1000 的阵列。被并入线圈 1000 中的每个的是电流传感器 1002。线圈 1000 的阵列具有公共的射频屏蔽 1004。

[0162] 图 11 示出了未被屏蔽的发射和接收线圈 1100 的阵列。每个元件承载 PU- 电路,但信号检测与转换是在一个外壳 1104 中针对所有线圈元件共享的。存在针对线圈中的每个的传感器 1102。传感器 1102 全部被连接到在单个外壳中的数字接收器 1104。单个数字输出 1106 被用于与磁共振成像控制器连接。

[0163] 尽管已经在附图和前文的描述中详细说明并描述了本发明,但这种说明和描述被视为说明性或示范性的,而非限制性的;本发明不限于所公开的实施例。

[0164] 本领域技术人员通过研究附图、公开内容以及权利要求书,在实践要求保护的本发明时,能够理解并实现对所公开的实施例的其他变型。在权利要求书中,词语“包括”不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其他单元可以满足权利要求中记载的若干项目的功能。尽管在互不相同的从属权利要求中记载了特定措施,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。计算机程序可以被存储 / 分布在适合的介质上,例如光学存储介质或者与其他硬件一起提供或作为其他硬件的部分提供的固态介质;但是也可以以其他形式分布,例如经由因特网或者其他有线或无线的电信系统。权利要求中的任何附图标记都不应被解释为对范围的限制。

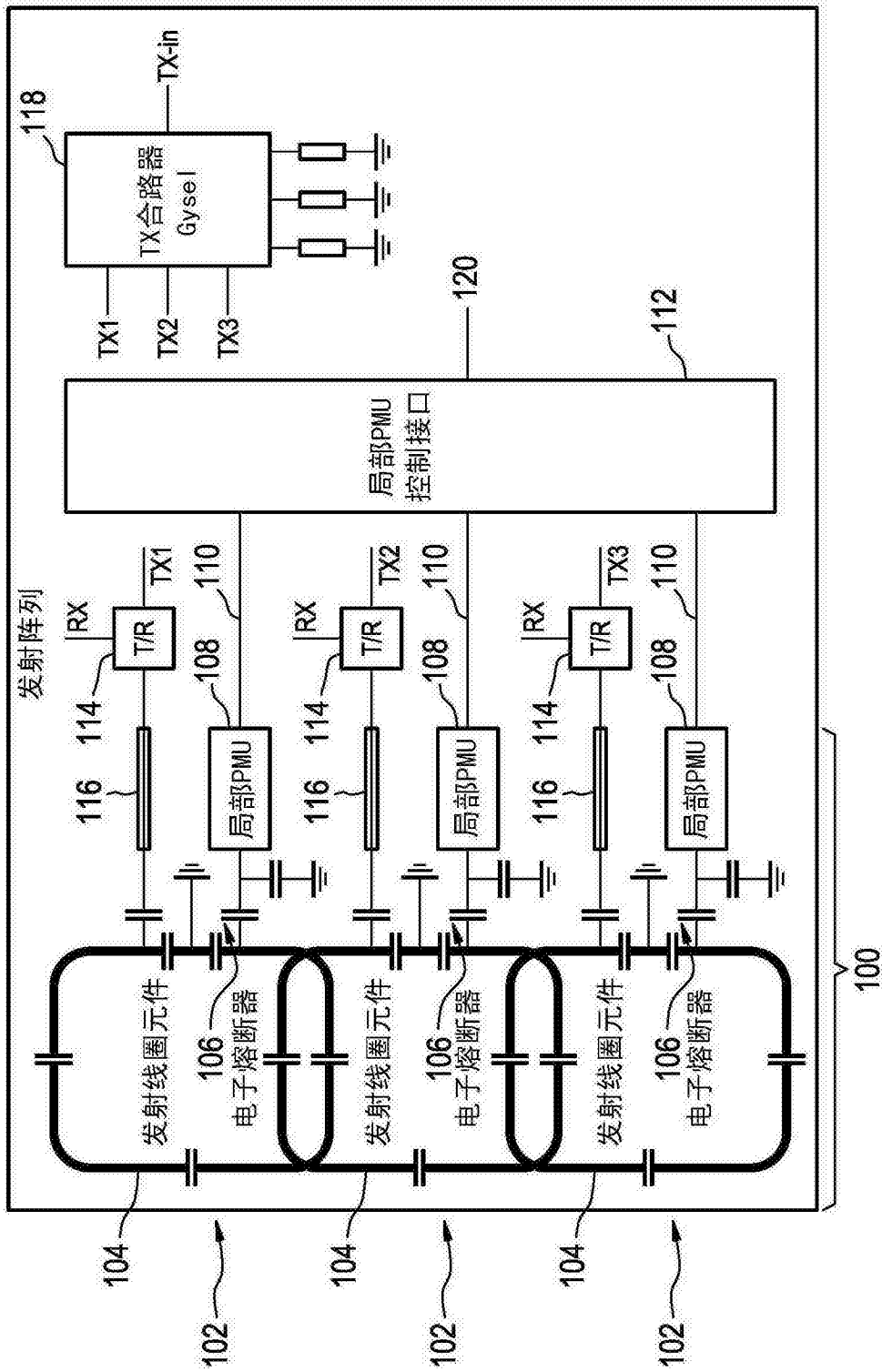


图 1



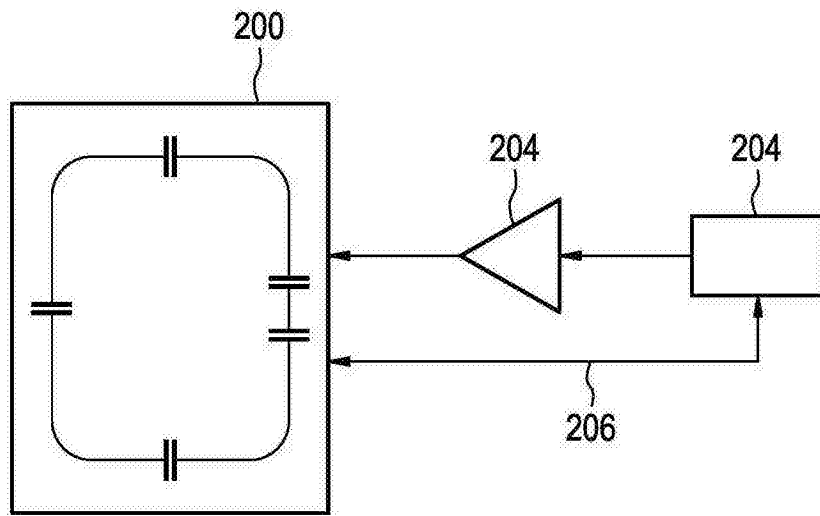


图 2

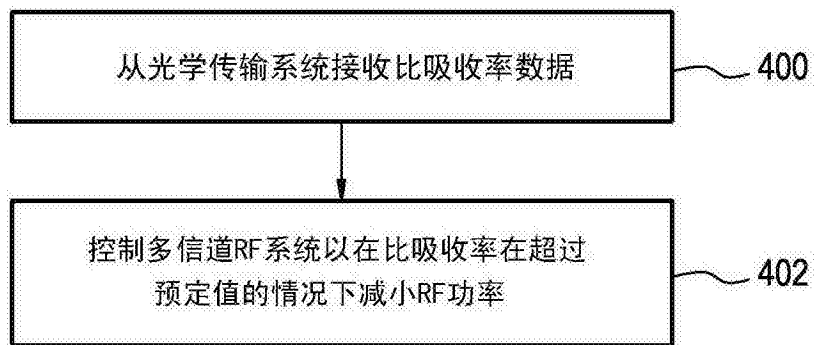


图 4

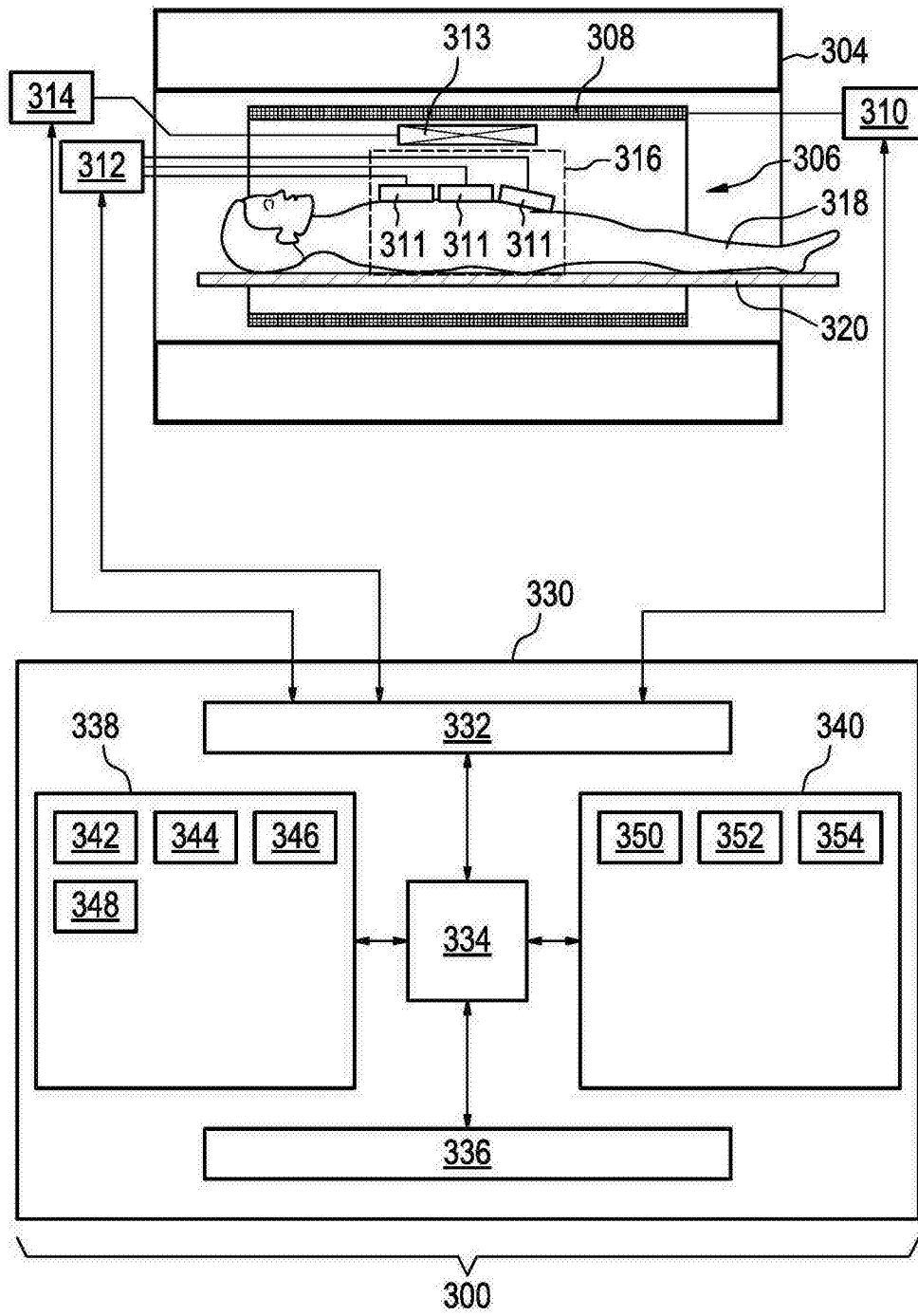


图 3

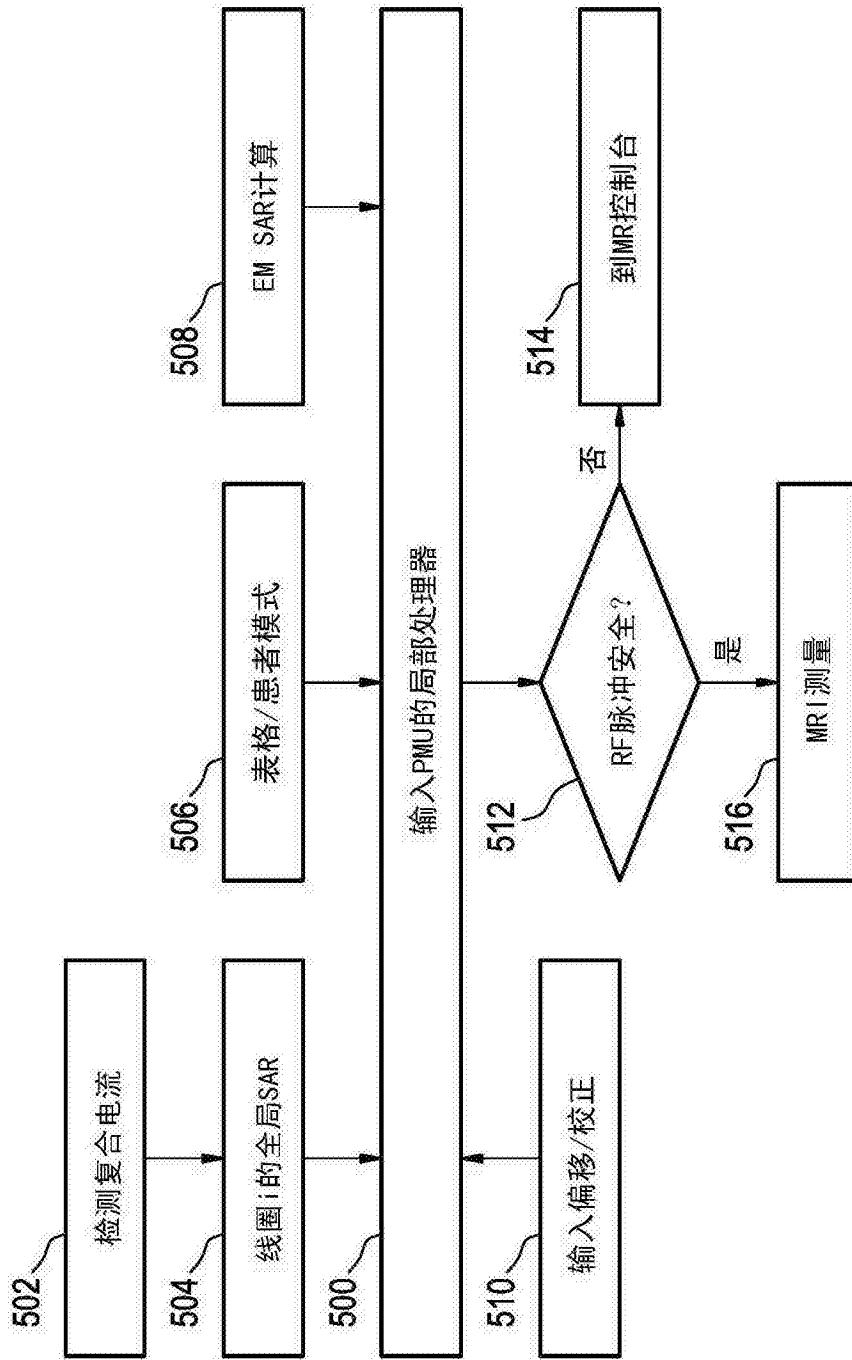


图 5

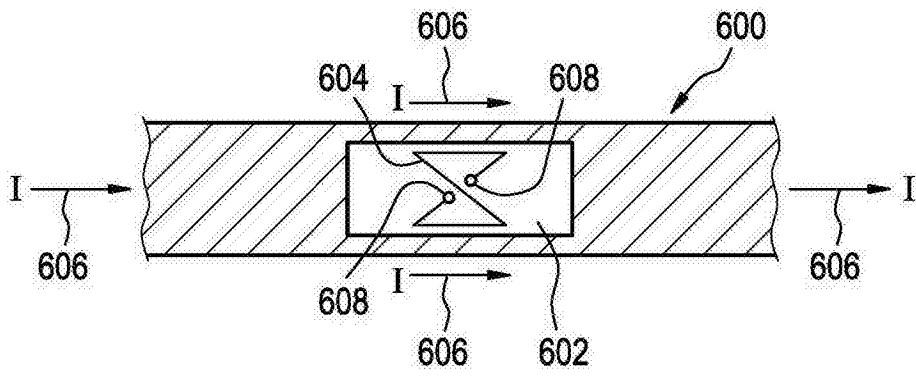


图 6

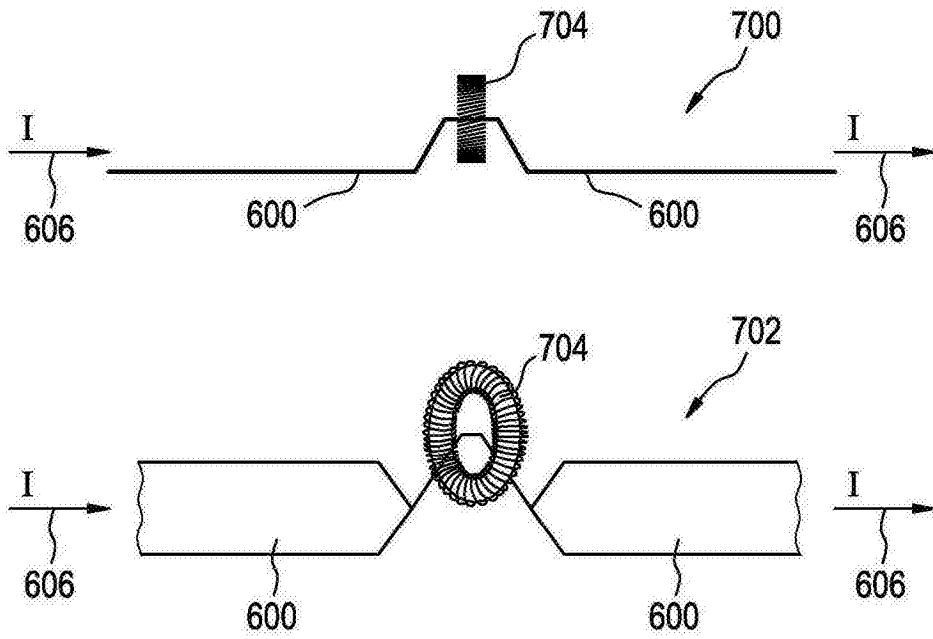


图 7

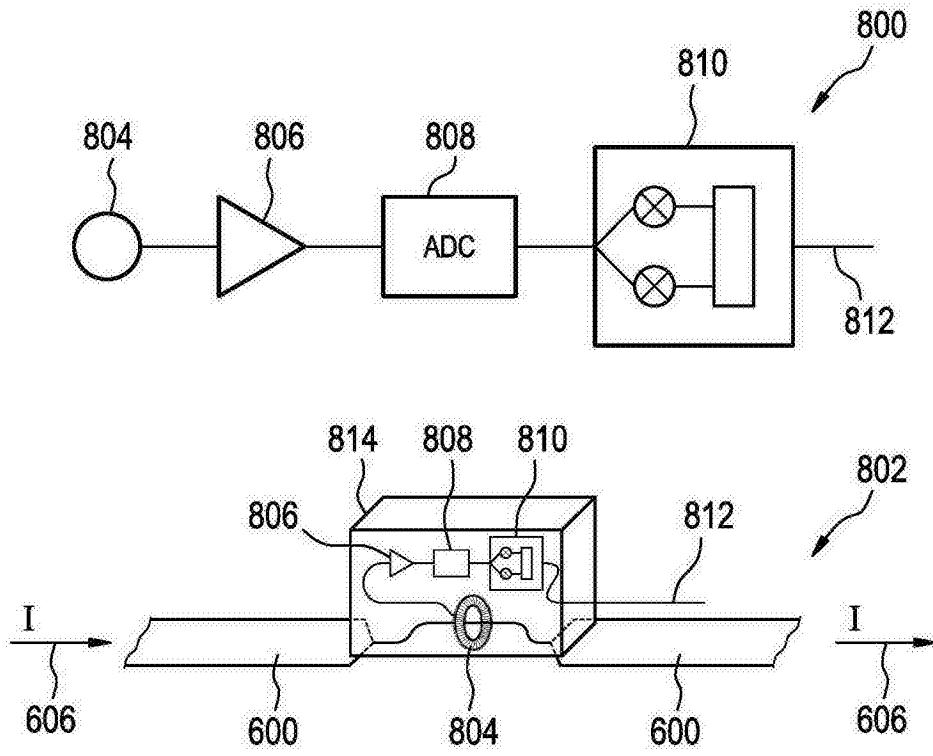


图 8

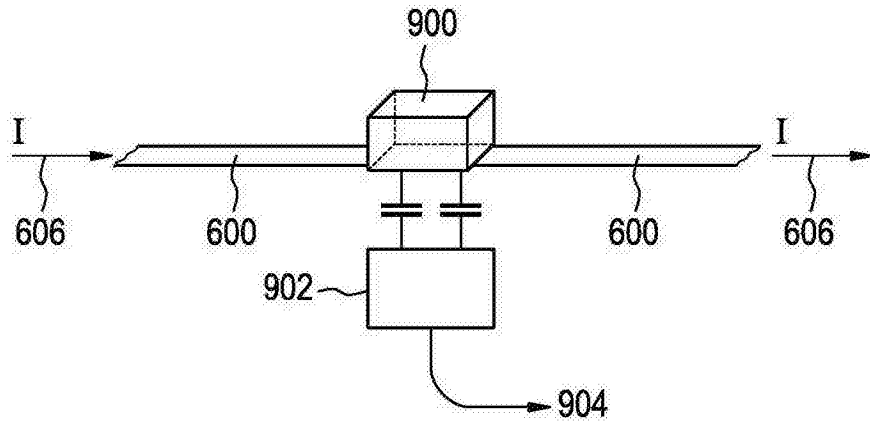


图 9

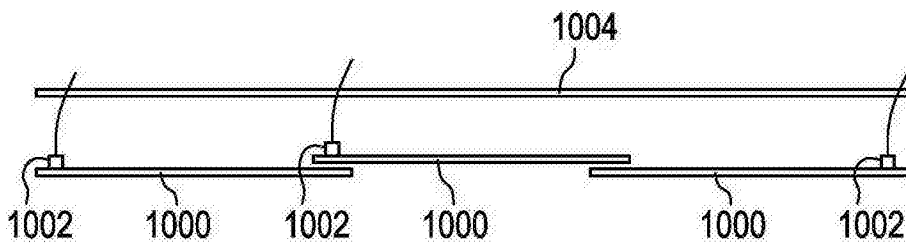


图 10

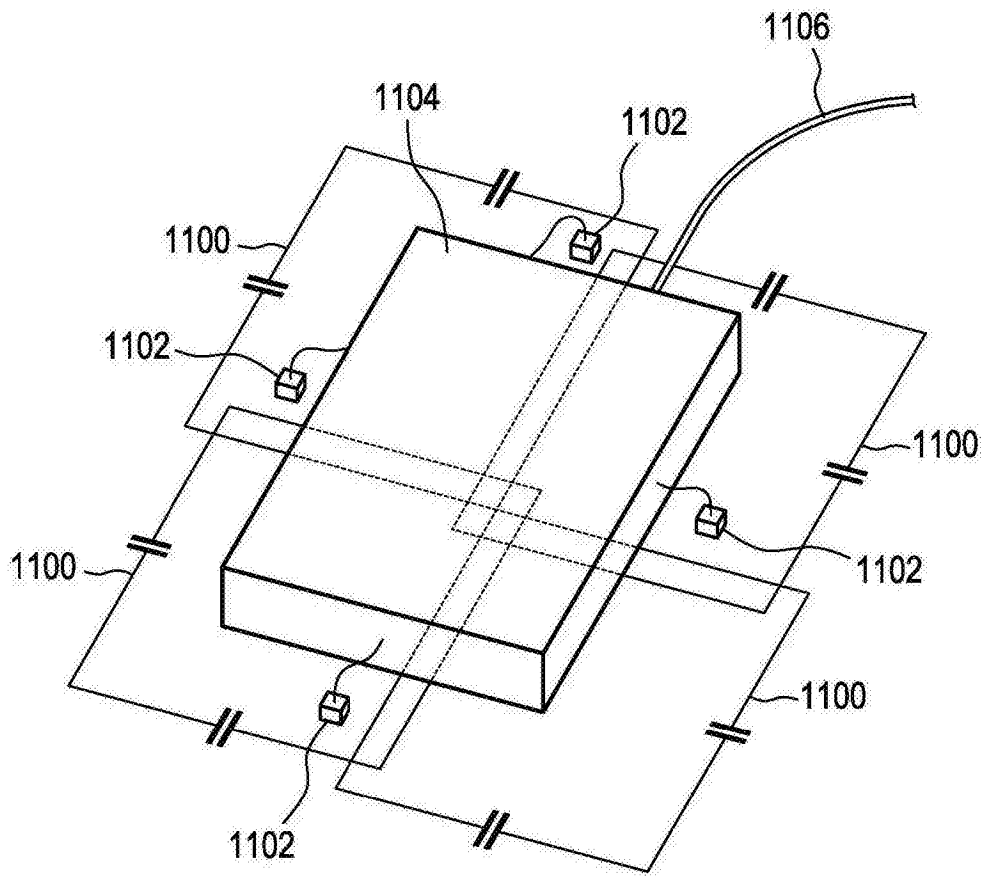


图 11