



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103890599 B

(45)授权公告日 2016.09.21

(21)申请号 201280051059.2

G01R 33/565(2006.01)

(22)申请日 2012.10.12

G01R 33/58(2006.01)

G01R 33/44(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103890599 A

(43)申请公布日 2014.06.25

(30)优先权数据

11185403.0 2011.10.17 EP

61/547,949 2011.10.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.04.17

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/055548 2012.10.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/057643 EN 2013.04.25

(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 M·富德勒 J·A·皮克马特

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 柴丽敏 于辉

(51)Int.Cl.

G01R 33/24(2006.01)

(56)对比文件

US 2005218892 A1,2005.10.06,

US 2005218892 A1,2005.10.06,

US 2009295389 A1,2009.10.03,

US 5631561 A,1997.05.20,

US 4812761 A,1989.03.14,

GB 1259392 A,1972.01.05,

CN 101438181 A,2009.05.20,

JP 2004271395 A,2004.09.30,

CN 1223592 A,1999.07.21,

CN 101035462 A,2007.09.12,

JP S58172539 A,1983.10.11,

罗柏宁 等.磁共振波谱分析及其临床应用.

《新医学》.2003,第34卷(第12期),第767-768、

775页.

(续)

审查员 宋婉甜

权利要求书1页 说明书13页 附图6页

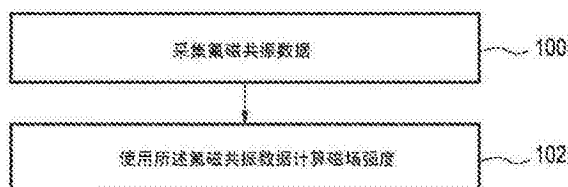
(54)发明名称

具有氟弹性体或含氟化合物的溶液的用于磁共振成像的磁场探头

(57)摘要

本发明提供测定包括具有成像区(308)的磁体(304)和射频收发器(316)的磁共振成像系统(300)内的磁场的方法。所述磁共振成像系统进一步包括位于所述成像区内的磁场探头(322)。所述磁场探头包含氟试样(404),所述氟试样包含以下中的任一种:氟弹性体(700)、含氟的离子液体(600)和含氟化合物的溶液。所述磁场探头进一步包括用于控制所述氟试样的磁自旋并且用于从所述氟试样接收氟磁共振数据的天线

(406)。所述天线连接到所述射频收发器。所述方法包括以下步骤:使用所述磁共振成像系统采集(100、200)所述氟磁共振数据;及使用所述氟磁共振数据计算(102、206)磁场强度(344)。



[接上页]

(56)对比文件

杨星 等.磁共振成像的技术发展与临床应用.《北京军区医药》.2001,第13卷(第3期),第191-192页.

干福熹 等.磷酸盐、氟磷酸盐和氟化物玻璃中过渡金属离子的顺磁共振研究(I) Cr^{3+} , Mo^{3+} .《物理学报》.1982,第31卷(第3期),第404-409页.

1. 测定磁共振成像系统(300)内的磁场的方法,其中所述磁共振成像系统包括用于提供成像区(308)的磁体(304),其中所述磁共振成像系统进一步包括射频收发器(316),其中所述磁共振成像系统进一步包括磁场探头(322),并且其中所述磁场探头位于所述成像区内,其中所述磁场探头包含氟试样(404),其中所述氟试样包括氟弹性体(700);其中所述磁场探头进一步包括用于控制所述氟试样的磁自旋并且用于从所述氟试样接收氟磁共振数据的天线(406),并且其中所述天线连接到所述射频收发器,其中所述方法包括以下步骤:

- 使用所述磁共振成像系统采集(100、200)所述氟磁共振数据;和
- 使用所述氟磁共振数据计算(102、206)磁场强度(344)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述氟弹性体是以下中的任一种:硅氧烷、氟化的聚硅氧烷(即FVMQ)、含氟的聚合物、甲基乙烯基硅酮、含氟的聚合物、偏二氟乙烯弹性体、四氟乙烯弹性体、全氟甲基乙烯基醚、基于氯三氟乙烯的弹性体、五氟丙烯、六氟丙烯弹性体、氟化无机聚合物、氟硅酮及氟磷腈。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述方法进一步包括以下步骤:

- 使用所述磁共振成像系统从受试者(318)采集(202)图像磁共振数据(342);
- 使用所述磁场强度和所述图像磁共振数据计算(206)校正的磁共振数据(345);和
- 从所述校正的磁共振数据重建(208)图像(346)。

4. 用于磁共振成像系统的磁场探头,其包括:

- 氟试样(404),其中所述试样包括氟弹性体(700);和
- 用于控制所述氟试样的磁自旋并且用于从所述氟试样接收氟磁共振数据的天线(406)。

5. 磁共振成像系统(300),其包括用于提供成像区(308)的磁体(304),其中所述磁共振成像系统进一步包括射频收发器(316),其中所述磁共振成像系统进一步包括根据权利要求4所述的磁场探头(322),其中所述磁场探头连接到所述射频收发器,并且其中所述磁场探头位于所述成像区内。

具有氟弹性体或含氟化合物的溶液的用于磁共振成像的磁场 探头

技术领域

[0001] 本发明涉及磁共振成像系统中的磁场强度的定量测定,具体地且不限于使用氟实施磁场测定。

背景技术

[0002] 在磁共振成像期间,磁场可在磁共振图像的采集期间变化。例如,磁场梯度的切换会引入不希望的磁场变化。放置外来物体或甚至组织的存在也可影响静态磁场。可使用磁测定来校正不希望的磁场变化。

[0003] 磁场探头是能够测定磁场中的时空变化的探头或传感器。磁场探头可通过采用具有已知的核磁共振(NMR)信号的材料来构造。特定NMR共振的频率是磁场的函数。在NMR波谱仪中,磁场强度是已知的,并且可以这种方式使用波谱来鉴定试样。对于磁场探头,情况相反。将已知的材料置于未知强度的磁场中,随后可使用一种或一种以上具体共振的波谱或位置来确定磁场强度。

[0004] 欧洲专利申请案EP1582886A1描述了磁共振成像波谱学的方法,其中,在磁共振序列执行期间,从至少一个定位于待成像物体附近及围绕所述待成像物体的监测场探头采集额外的数据。

[0005] 美国专利申请案US2009/0195389A1公开了使用全氟化烃来构造磁场探头。

发明内容

[0006] 在独立权利要求中,本发明提供测定磁场的方法、磁场探头和磁共振成像系统。在从属权利要求中给出具体实施方案。

[0007] 使用氟¹⁹(¹⁹F)作为活性核来制造磁场探头是有利的。在现有技术中,使用全氟化烃,例如六氟苯(C₆F₆)。这些物质如果呈液体形式会难以封装和/或难以处理,或者它们呈固体形式会具有极短的T₂弛豫时间(relaxation time)。短的T₂弛豫时间连同长的T₁弛豫时间的情况不利地影响¹⁹F磁共振测定的信噪比,并且因此,场测定变得较不准确和/或花费较长时间。理想地,T₁/T₂比在1到10的范围内。本发明的实施方案可提供具有改善的功能性的替代的¹⁹F源。全氟化烃的一种替代方案是使用全氟化聚硅氧烷。这些弹性固体与更通常已知的氟化固体(如碳氟化合物聚合物(特氟隆(Teflon)))相比具有改善的T₁/T₂比。另一种替代方案是使用氟离子或其它含氟的离子的溶液。此溶液还可含有顺磁性离子以获得最佳的¹⁹F-MR T₁及T₂值。氟离子水溶液的T₁可通过向溶液中添加GdDTPA而显著降低。最后一种替代方案是使用含氟的离子液体,其任选地含有顺磁性离子以获得最佳的¹⁹F-MR T₁及T₂值。室温离子液体4-甲基-N-丁基吡啶鎓四氟硼酸盐的T₁可通过向离子液体中添加无水三氟甲磺酸钆(III)Gd(CF₃SO₃)₃而显著降低。

[0008] 如本文中所使用的场探头或磁场探头包括旨在用于在磁共振(MR)测定序列期间动态测定实际磁场的装置。在MR装置的腔内具有大量此类装置使得可以表征由场梯度切换加

上任何其它希望及不希望的磁场变化的原因造成的精确场型(field pattern)。了解这些场型使得能够重建具有较少伪影(artifacts)的MR图像(或波谱)。

[0009] 研究结果已经显示,除用于MR测定本身的活性核以外,为场探头选择另一种活性核是有利的。由于H通常用于MR成像,因此, ^{19}F 作为探头的活性核有吸引力。

[0010] 现有技术的场探头曾使用高度对称的全氟碳。其典型实例是六氟苯,即 C_6F_6 。

[0011] 全氟碳的不利之处在于,它们难以处理并且非常难以密封和/或容纳在任一类型的包装内。这些材料作为“世界上最易滑脱的物质”易于从容器中脱离并且容易蒸发,从而要求探头具有“最佳使用期(best before)”-通常持续不到半年。固体全氟化烃(例如 $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$ 或PTFE)是非常固体的并且具有极短的T2值。

[0012] 本发明的实施方案可使用氟离子的溶液、含氟的离子的溶液、含氟的离子液体或一片聚合的(全)氟化硅氧烷(“氟硅酮弹性体”)来提供 ^{19}F 。氟离子的溶液、含氟的离子的溶液和离子液体可任选地含有顺磁性离子以获得最佳的 ^{19}F -MR T1和T2弛豫时间。本发明的该实施方案可提供更容易处理并且因此更容易且更成本有效地制造的场探头。本发明的实施方案还可提供 ^{19}F 位于其容器内、具有高的 ^{19}F 核密度、具有至少 $100\mu\text{s}$ 的T2值并且T1/T2比优选不大于10的场探头。

[0013] 如本文中所使用的“计算机可读存储介质”包括任何可以存储由计算装置的处理器的指令的有形的存储介质。计算机可读存储介质可称为计算机可读非瞬态性存储介质。计算机可读存储介质还可称为有形的计算机可读介质。在一些实施方案中,计算机可读存储介质还能够存储能够由计算装置的处理器的数据。计算机可读存储介质的实例包括但不限于:软盘、磁性硬盘驱动器、固态硬盘、闪存、USB存储器(USB thumb drive)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光盘、磁光盘及处理器的寄存器文件。光盘的实例包括压缩盘(CD)及数字多功能盘(DVD),例如CD-ROM、CD-RW、CD-R、DVD-ROM、DVD-RW或DVD-R光盘。术语“计算机可读存储介质”还指各种类型的能够由计算机装置经由网络或通信连接存取的记录介质。例如,可经由调制解调器、经由因特网或经由局域网检索数据。

[0014] “计算机内存”或“内存”是计算机可读存储介质的实例。计算机内存是处理器可直接存取的任何内存。计算机内存的实例包括但不限于:RAM存储器、寄存器及寄存器文件。

[0015] “计算机存储器”或“存储器”是计算机可读存储介质的实例。计算机存储器是任何非易失性计算机可读存储介质。计算机存储器的实例包括但不限于:硬盘驱动器、USB存储器、软盘驱动器、智能卡、DVD、CD-ROM及固态硬盘驱动器。在一些实施方案中,计算机存储器也可以是计算机内存,反之亦然。

[0016] 如本文中所使用的“计算装置”涵盖包括处理器的任何装置。如本文中所使用的“处理器”包括能够执行程序或机器可执行指令的电子元件。包括“处理器”的计算装置的指代应理解为可能含有一个以上的处理器或处理核。处理器可为例如多核处理器。处理器也可指位于单个计算机系统内或分布于多个计算机系统内的处理器集合。术语“计算装置”还应理解为可能指各自包括一个或一个以上处理器的计算装置的集合或网络。许多程序的指令由多个处理器执行,所述多个处理器可位于同一个计算装置内或甚至可分布在多个计算装置内。

[0017] 如本文中所使用的“用户接口”是实现用户或操作者与计算机或计算机系统相互作用的接口。“用户接口”还可称为“人类接口装置”。用户接口可将信息或数据提供给操作

者和/或从操作者接收信息或数据。用户接口使得来自操作者的输入能够由计算机接收,并且可从计算机将输出提供给用户。换句话说,用户接口可实现操作者控制或操纵计算机,并且所述接口可实现计算机显示操作者的控制或操纵的效果。在显示器或图形用户接口上显示数据或信息是向操作者提供信息的实例。通过键盘、鼠标、跟踪球、触控板(touchpad)、触控点(pointing stick)、图形输入板、操纵杆、游戏手柄(gamepad)、网络摄影机、头戴式耳机、变速杆、方向盘、踏板、接线手套(wired glove)、舞蹈垫、遥控装置及加速计接收数据均为能够实现从操作者接收信息或数据的用户接口组件的实例。

[0018] 如本文中所使用的“硬件接口”包括使得计算机系统的处理器能够与外部的计算装置和/或设备相互作用和/或控制外部的计算装置和/或设备的接口。硬件接口可实现处理器向外部的计算装置和/或设备发送控制信号或指令。硬件接口还可使得处理器能够与外部的计算装置和/或设备交换数据。硬件接口的实例包括但不限于:通用串行总线、IEEE1394端口、并行端口、IEEE1284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、模拟输入接口及数字输入接口。

[0019] 磁共振(MR)数据在本文中定义为在磁共振成像扫描期间通过磁共振设备的天线记录的经由原子自旋发射的射频信号的测定值。磁共振成像(MRI)图像在本文中定义为磁共振成像数据内所含有重建的二维或三维可视化的解剖数据。此可视化可使用计算机实施。

[0020] 在一个方面中,本发明提供测定磁共振成像系统内的磁场的方法。磁共振成像系统包括具有成像区的磁体。磁共振成像系统进一步包括射频收发器。磁共振成像系统进一步包括至少一个磁场探头。如本文中所使用的磁场探头(也称为场探头)包括经配置用于在磁共振数据的采集期间动态测定磁场的装置。场探头定位于成像区内。磁场探头包含氟试样。氟试样内的氟可包含 ^{19}F ,其也可称为 ^{19}F 或氟19。

[0021] 氟通常用于场探头,因为由氟分子生成的射频发射不会干扰由氢自旋产生的信号。氟试样包括以下中的任一种:氟弹性体、含氟的离子液体和包含含氟的离子的化合物的溶液。本质上,场探头可由上文提到的三种类型试样中的任一种构造。场探头进一步包括用于控制氟试样的磁自旋并且用于从氟试样接收氟磁共振数据的天线。天线连接到射频收发器。所述方法包括使用磁共振成像系统采集氟磁共振数据的步骤。所述方法进一步包括使用氟磁共振数据计算磁场强度的步骤。此实施方案可为有利的,因为可使用场探头随着采集磁共振数据来测定磁场的变化。例如,磁共振成像系统可具有导致成像区内的磁场发生变化的梯度线圈。在磁共振数据的采集期间采集准确的磁场数据由于场均质性使得能够校正磁共振数据,由此可构建更准确的磁共振图像。

[0022] 在另一个实施方案中,存在多个定位于成像区内的场探头。从多个场探头采集氟磁共振数据。使用来自多个场探头的氟磁共振数据计算空间依赖性磁场。

[0023] 在另一个实施方案中,氟试样包含含氟的离子液体。此实施方案可为有利的,因为在离子液体存在高浓度的氟原子。因此,氟19磁共振信号固有地高。

[0024] 另外,离子液体不易滑脱,不蒸发,并且对于氧化及还原非常稳定。然而,一些离子液体对水解敏感,将此类离子液体储存在完全无水的条件下可为有益的。

[0025] 在另一个实施方案中,含氟的离子液体包含阴离子。

- [0026] 在另一个实施方案中,阴离子是双(三氟甲基磺酰基)酰亚胺。
- [0027] 在另一个实施方案中,阴离子是四氟硼酸根。
- [0028] 在另一个实施方案中,阴离子是六氟磷酸根。
- [0029] 在另一个实施方案中,阴离子是四氟铝酸根。
- [0030] 在另一个实施方案中,阴离子是六氟锑酸根。
- [0031] 在另一个实施方案中,阴离子是六氟砷酸根。
- [0032] 在另一个实施方案中,阴离子是双(三氟甲烷)磺酰胺(bis(trifluoro methane) sulfonamide)。
- [0033] 在另一个实施方案中,阴离子是三(三氟甲基磺酰基)甲基化物。
- [0034] 在另一个实施方案中,阴离子是三氟甲磺酸根。
- [0035] 在另一个实施方案中,阴离子和/或阳离子含有顺磁性物质,例如第一排过渡金属系列的离子(例如 Ti^{3+} 、 V^{4+} 、 Cu^{2+} 、 V^{3+} 、 Ni^{2+} 、 V^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{4+} 、 Cr^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{3+}),或镧系元素的三价离子(Ce^{3+} 、 Pr^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Sm^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Gd^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Dy^{3+} 、 Ho^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+})。
- [0036] 在另一个实施方案中,含氟的离子液体进一步包含氟弛豫剂。如本文中所使用的弛豫剂是用于缩短T1和/或T2弛豫时间的试剂。如本文中所使用的氟弛豫剂是用于包含含氟的离子的化合物或物质的弛豫剂。向含氟的离子液体中添加氟弛豫剂可为有益的,因为可大幅缩短T1弛豫时间。T1弛豫时间的缩短是有益的,因为它使得能够更频繁地并且更完全地从含氟试样激发NMR信号。
- [0037] 在另一个实施方案中,含氟的离子液体是1-乙基-3-甲基咪唑鎓双(三氟甲基磺酰基)酰亚胺。
- [0038] 在另一个实施方案中,含氟的离子液体是1-丁基-4-甲基吡啶鎓四氟硼酸盐。
- [0039] 在另一个实施方案中,氟弛豫剂是三氟甲磺酸锰(II)或三氟甲磺酸钆(III)。
- [0040] 在另一个实施方案中,氟试样包含氟弹性体。使用氟弹性体可为有益的,因为氟弹性体可呈固体,呈固体是有益的,因为氟试样不呈液体状态并且不容纳在可能泄漏的容器或器皿中。
- [0041] 在另一个实施方案中,氟弹性体是硅氧烷。
- [0042] 在另一个实施方案中,氟弹性体是氟化的聚硅氧烷。在另一个实施方案中,氟弹性体是FVMQ。
- [0043] 在另一个实施方案中,氟弹性体是含氟的聚合物。
- [0044] 在另一个实施方案中,氟弹性体是甲基乙烯基硅酮。
- [0045] 在另一个实施方案中,氟弹性体是偏二氟乙烯弹性体。
- [0046] 在另一个实施方案中,氟弹性体是四氟乙烯弹性体。在另一个实施方案中,氟弹性体是基于全氟甲基乙烯基醚的弹性体。
- [0047] 在另一个实施方案中,氟弹性体是基于氯三氟乙烯的弹性体。
- [0048] 在另一个实施方案中,氟弹性体是基于五氟丙烯的弹性体。
- [0049] 在另一个实施方案中,氟弹性体是基于六氟丙烯的弹性体。
- [0050] 在另一个实施方案中,氟弹性体是氟化无机聚合物。
- [0051] 在另一个实施方案中,氟弹性体是氟硅酮。
- [0052] 在另一个实施方案中,氟弹性体是氟磷腈。

[0053] 在另一个实施方案中,氟试样包含含氟化合物的溶液。如本文中所使用,含氟化合物包括含氟的盐、酸或碱的溶液。使用含氟化合物的溶液可具有若干个优点,例如,此类溶液通常稳定并且不挥发,这意味着它们可容易地储存及使用较长时间段。此类溶液的pH可明显地影响溶解度及稳定性(例如对于水解)。通过向溶液中添加可溶性顺磁性化合物也可将氟T1及T2值调整到最佳值。

[0054] 在另一个实施方案中,含氟化合物是三氟乙酸。

[0055] 在另一个实施方案中,含氟化合物是三氟乙酸盐。

[0056] 在另一个实施方案中,含氟化合物是氢氟酸。

[0057] 在另一个实施方案中,含氟化合物是氟化物盐。

[0058] 在另一个实施方案中,含氟化合物是六氟硅酸。

[0059] 在另一个实施方案中,含氟化合物是六氟硅酸盐。

[0060] 在另一个实施方案中,含氟化合物是六氟磷酸。

[0061] 在另一个实施方案中,含氟化合物是六氟磷酸盐。

[0062] 在另一个实施方案中,含氟化合物是氟硼酸。

[0063] 在另一个实施方案中,含氟化合物是氟硼酸盐。

[0064] 在另一个实施方案中,含氟化合物是四氟硼酸盐。

[0065] 在另一个实施方案中,含氟化合物是四氟硼酸钠。

[0066] 在另一个实施方案中,含氟化合物是四氟硼酸铜(II)。

[0067] 在另一个实施方案中,含氟化合物是三氟甲磺酸盐。

[0068] 在另一个实施方案中,含氟化合物的溶液进一步包含氟弛豫剂。这可为有益的,因为可调整T1和/或T2时间。

[0069] 在另一个实施方案中,含氟化合物是四氟硼酸钠,并且氟弛豫剂是硝酸铜(II)三水合物。硝酸铜(II)可用作弛豫剂,因为它极溶于水中并且由于含氟阴离子的水解而可以少量形成的氟化铜(II)也高度可溶。

[0070] 在另一个实施方案中,阳离子含有顺磁性物质,例如第一行过渡金属系列的离子(例如 Ti^{3+} 、 V^{4+} 、 Cu^{2+} 、 V^{3+} 、 Ni^{2+} 、 V^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{4+} 、 Cr^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{3+}),或镧系元素的三价离子(Ce^{3+} 、 Pr^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Sm^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Gd^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Dy^{3+} 、 Ho^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+})。在另一个实施方案中,阳离子是铜(II)。铜(II)是阳离子的优良候选者,因为由于含氟阴离子的水解而可以少量形成的氟化铜(II)高度可溶于水中。

[0071] 在另一个实施方案中,阳离子是锰(II)。

[0072] 在另一个实施方案中,阳离子是镧系元素的三价离子。

[0073] 在另一个实施方案中,所述方法进一步包括使用磁共振成像系统从受试者采集图像磁共振数据的步骤。如本文中所使用的图像磁共振数据包括能够重建成磁共振图像的磁共振数据。在一些情况下,图像磁共振数据和氟磁共振数据可同时采集。例如,氟磁共振数据可含有来自与氟有关的频谱的磁共振数据,并且图像磁共振数据可从与氢原子的NMR频率有关的频谱采集。所述方法进一步包括使用磁场强度及图像磁共振数据计算校正的磁共振数据的步骤。在一些情况下,可存在多于一个的场探头,并且在这种情况下,可使用空间依赖性磁场强度来校正图像磁共振数据。所述方法进一步包括从校正的磁共振数据重建图像的步骤。此实施方案的优点可在于,由例如场梯度线圈引起的磁场扰动可准确地被抵消,

从而产生更准确的磁共振图像。

[0074] 在另一个方面中,本发明提供用于磁共振成像系统的包含氟试样的磁场探头。所述试样包含以下中的任一种:氟弹性体、含氟的离子液体及含氟化合物的溶液。磁场探头进一步包括用于控制氟试样的磁自旋并且用于从氟试样接收氟磁共振数据的天线。

[0075] 在另一个方面中,本发明提供包括具有成像区的磁体的磁共振成像系统。磁共振成像系统进一步包括射频收发器。磁共振成像系统进一步包括根据本发明的实施方案的磁场。场探头连接到射频收发器。场探头定位于成像区内。上文已经讨论此类磁共振成像系统的优点。

[0076] 在另一个实施方案中,磁共振成像系统包括多个各自连接到射频收发器的场探头。在一些实施方案中,所述多个场探头可用于表征磁共振成像系统的动态和/或静态磁场型。

附图说明

[0077] 在下文中,通过实施例并且参考附图描述本发明的优选实施方案,其中:

[0078] 图1显示根据本发明的实施方案的方法的流程图;

[0079] 图2显示根据本发明的另一个实施方案的方法的流程图;

[0080] 图3图解根据本发明的实施方案的磁共振成像系统;

[0081] 图4图解根据本发明的实施方案的场探头;

[0082] 图5显示根据本发明的实施方案的磁共振线圈子系统;

[0083] 图6显示含氟的室温离子液体的实例;

[0084] 图7显示碳氟化合物弹性体的实例;和

[0085] 图8显示氟化无机聚合物的若干个实例。

具体实施方式

[0086] 在这些图中,相同编号的元件是等效元件或执行相同的功能。在之前已经讨论的元件如果功能等效将不必要在随后的图中予以讨论。

[0087] 图1显示根据本发明的实施方案的方法的流程图。在步骤100中,采集氟磁共振数据。接下来,在步骤102中,使用所述氟磁共振数据计算磁场强度。在一些实施方案中,从多个场探头采集氟磁共振数据。在这种情况下,可计算多个空间位置处的磁场强度。另外,氟磁共振数据可在采集图像磁共振数据期间的多个时间段或自始至终连续采集。因此,磁场强度可为空间依赖性的和/或时间依赖性的。换句话说,也可使用图1中所示的方法计算作为时间的函数而变化的多维磁场图。

[0088] 图2显示根据本发明的另一个实施方案的方法的流程图。在步骤200中,采集氟磁共振数据。在步骤202中,采集图像磁共振数据。步骤200和步骤202可以任何顺序实施,并且还可同时实施。接下来,在步骤204中,使用所述氟磁共振数据计算磁场强度。在一些实施方案中,可在采集图像磁共振数据之前计算磁场强度。接下来,在步骤206中,使用所述磁场强度和所述图像磁共振数据计算校正的磁共振数据。最后,在步骤208中,从所述校正的磁共振数据重建图像。再次,可从多个场探头并且在多个时间段或以多个时间间隔采集氟磁共振数据。因此,可针对磁场随时间及位置的变化来校正经校正的磁共振数据。

[0089] 图3图解根据本发明的实施方案的磁共振成像系统300的实例。磁共振成像系统300包括磁体304。磁体304是具有穿过其的腔306的超导电圆柱型磁体304。磁体304具有液态氦冷却的具有超电线圈的低温恒温器。还可使用永磁体或常导磁体。还可使用不同类型的磁体,例如,还可使用分体式圆柱形磁体(split cylindrical magnet)及所谓的开放式磁体(open magnet)两者。分体式圆柱形磁体类似于标准的圆柱形磁体,只是低温恒温器已经分成两个部分以便容许接近磁体的等平面(iso-plane),此类磁体可例如与带电粒子束疗法结合使用。开放式磁体具有两个磁体部分,一个部分在另一个部分上方,并且中间具有足够大的空间而能够容纳受试者:两个部分的布置类似于亥姆霍兹线圈(Helmholtz coil)。开放式磁体受欢迎,因为受试者较不受约束。在圆柱形磁体的低温恒温器的内部,存在超电线圈的集合。在圆柱形磁体304的腔306内,存在成像区308,在成像区308,磁场足够强并且均匀而能够实施磁共振成像。

[0090] 在磁体的腔306内,还存在一组磁场梯度线圈310,它用于采集磁共振数据以便在空间上编码磁体304的成像区308内的磁自旋。磁场梯度线圈310连接到磁场梯度线圈电源312。磁场梯度线圈310旨在为代表性的。通常,磁场梯度线圈310含有三组单独的用于在三个正交的空间方向上在空间上编码的线圈。磁场梯度电源给磁场梯度线圈供应电流。供应给磁场梯度线圈310的电流作为时间的函数受控制,并且可为斜坡式或脉冲式的。

[0091] 邻近成像区308的是用于操纵成像区308内的磁自旋的取向并且用于从同样位于成像区308内的自旋接收无线电发射的射频线圈314。射频天线可含有多个线圈元件。射频天线还可称为信道(channel)或天线(antenna)。射频线圈314连接到射频收发器316。射频线圈314及射频收发器316可由单独的发送线圈和接收线圈以及单独的发送器和接收器代替。应理解,射频线圈314及射频收发器316是代表性的。射频线圈314还旨在于代表专用的发送天线及专用的接收天线。同样,收发器316还可代表单独的发送器及接收器。

[0092] 受试者318静卧于位于磁体304的腔306内的受试者支撑物320上。受试者318部分位于成像区308内。在成像区308内,场探头322是可见的。场探头322还可代表多个场探头。例如,多个场探头322可位于磁体304的腔306内的多个位置。这能够实现对磁场变化的空间时间测定。一个或一个以上的场探头322可安置于射频线圈314中,它们可自由地位于受试者318上,或者它们可安置于磁体的腔306内。

[0093] 磁场梯度线圈电源312及收发器316连接到计算机系统326的硬件接口328。计算机系统326进一步包括处理器330。处理器330连接到硬件接口328、用户接口334、计算机存储装置336及计算机内存338。

[0094] 计算机存储装置显示为含有氟磁共振数据340和图像磁共振数据342。磁共振数据340、342由磁共振成像系统300采集。计算机存储装置336进一步显示为含有从氟磁共振数据340重建的磁场图(magnetic field map)344。计算机存储装置336进一步显示为含有使用磁场图344和图像磁共振数据342计算的校正的磁共振数据345。计算机存储装置336进一步显示为含有从校正的磁共振数据345重建的图像346。计算机存储装置336进一步显示为含有脉冲序列348。如本文中所使用的脉冲序列是使得磁共振成像系统300能够采集磁共振数据340、342的一套指令。

[0095] 计算机内存338显示为含有控制模块350。控制模块350含有使得处理器能够控制磁共振成像系统300的操作及功能的机器可执行指令。例如,控制模块350可使用脉冲序列

348生成使得处理器330能够采集磁共振数据340、342的命令。计算机内存338进一步显示为含有磁场计算模块352。磁场计算模块352包含使得处理器330能够从氟磁共振数据340计算磁场图344的机器可执行指令。计算机内存338进一步显示为含有数据校正模块354。数据校正模块354含有使得处理器330能够从磁场图344及图像磁共振数据342计算校正的磁共振数据345的计算机可执行码。计算机内存338进一步含有图像重建模块356。图像重建模块356含有使得处理器330能够从校正的磁共振数据345重建图像346的计算机可执行码。

[0096] 图4显示根据本发明的实施方案的场探头的实例。存在填充有氟试样404的容器402。容器402将例如可用于储存液体。另外存在缠绕容器402的线圈406或天线。线圈406经配置而从氟试样404激发和/或接收NMR信号。线圈406进一步具有连接408以便连接到接收器和/或发送器。在一些其它实施方案中,例如当氟试样404是氟弹性体时,容器402和氟试样404可相同。例如,可由氟弹性体塑造圆柱形或其它实心形状,其随后位于线圈406或天线附近。

[0097] 图5显示根据本发明的实施方案的磁共振线圈子系统500。在这个实例中,磁共振线圈子系统500是围绕受试者318的头部的线圈阵列或天线阵列。或者,线圈阵列可称为表面线圈或阵列线圈。磁共振线圈子系统500含有多个线圈元件502、504、506、508、510及512。线圈元件502-512通常包括调谐和/或失谐电子器件、匹配电子器件以及前置放大器。通常,在一个线圈或线圈组合件中存在4到32个线圈元件。磁共振线圈子系统通常可连接到主磁共振成像系统或可从主磁共振成像系统拆卸。在例如头部、踝部、膝盖或脊柱附近连接最适于特定解剖学的线圈。在这个实例中,检查的是头部。通常,这种线圈经设计以密切地配合解剖学。图5中所示的实例代表头部线圈的实例。场探头514、516、518及520也位于磁共振线圈子系统500内。场探头是根据本发明的实施方案。取决于需要的场图的类型,在磁共振线圈子系统内可存在较大或较小数量的场探头514-520。如果需要较大程度的关于磁场的空间信息,那么可将较大数量的场探头512-520纳入线圈子系统500中。在这个实施方案中,显示线圈元件接口522。线圈元件接口522经配置以便使线圈元件502-512接口连接到磁共振成像系统。在一些实施方案中,接口电子器件可执行信号数字化,并且在一些实施方案中,接口也可整合于线圈元件内。线圈子系统500进一步包括场探头接口524。场探头接口524可例如包括进一步放大、数字化及数据压缩。它还可提供射频发送电子器件及可能存在的发送和/或接收开关。在替代实施方案中,线圈元件502-512和/或场探头514-520直接连接到接收器及/或发送器。

[0098] 硅氧烷优于碳链的优点在于,前者往往更为柔软,这有利地影响氟核的 T_1/T_2 比。以名称FVMQ已知的此类物质市面有售,例如为“silastic”。这种聚合化合物的氟 T_1 和 T_2 (在7特斯拉下分别为527ms和5ms)与更通常已知的基于全氟碳的聚合物(如特氟隆,在7特斯拉下分别为2600ms及0.4ms)相比明显更适宜用于场探头。

[0099] 另一种方法是使用含氟化合物的溶液。溶剂可为水或有机溶剂。此类物质通常稳定,不挥发,并且可容易地储存在玻璃或塑料小瓶中(HF除外)。“水性场探头”的一大优点在于,可通过向溶液中添加可溶性顺磁性化合物将氟 T_1 及 T_2 调整到最佳值。出于实例的目的并且并非穷举所有可能性,下文中列出可用于此目的的多种示例性水溶性有机及无机化合物:

[0100] 1. 含有氟离子(F^-)的酸及盐,例如LiF、NaF、KF、 NH_4F 、 MgF_2 、 CuF_2 、 MnF_2 等。最特别地,

可使用RbF(氟化铷)或氟氢化铵(NH₄HF₂),因为其在水中具有非常高的摩尔溶解度。使用顺磁性阳离子的优点在于,可不需要额外的弛豫剂来调整T1和T2。

[0101] 2. 含有SiF₆⁻的酸及盐,例如LiSiF₆、NaSiF₆、KSiF₆、NH₄SiF₆、Mg(SiF₆)₂、Cu(SiF₆)₂、Mn(SiF₆)₂等。这些盐往往容易地溶解。然而,4.7%的天然Si丰度具有核自旋(²⁹Si, S=1/2)。这种核与¹⁹F核的大标量耦合(¹J_{SiF})不利于用于场探头中。使用顺磁性阳离子的优点在于,可不需要额外的弛豫剂来调整T1及T2。

[0102] 3. 含有PF₆⁻的酸及盐,例如LiPF₆、NaPF₆、KPF₆、NH₄PF₆、Mg(PF₆)₂、Cu(PF₆)₂、Mn(PF₆)₂等。这些盐往往容易地溶解。然而,100%的天然磷核丰度具有核自旋(³¹P, S=1/2)。这种核与¹⁹F核的大标量耦合(¹J_{PF})不利于用于场探头中。使用顺磁性阳离子的优点可在于,可不需要额外的弛豫剂来调整T1及T2。

[0103] 4. 含有BF₄⁻的酸及盐,例如LiBF₄、NaBF₄、KBF₄、NH₄BF₄、Mg(BF₄)₂、Cu(BF₄)₂、Mn(BF₄)₂等。这些盐往往容易地溶解。含有BF₄⁻的盐由于硼同位素的四极性质而尤其有用。尽管100%的天然硼核丰度具有核自旋(¹⁰B, S=3或¹¹B, S=3/2),但是由于四极相互作用,由¹J_{BF}标量耦合引起的¹⁹F-MR信号分裂非常小。使用顺磁性阳离子的优点可在于,可不需要额外的弛豫剂来调整T1及T2。

[0104] 5. 含有三氟甲磺酸根(Triflate)(三氟甲磺酸根(Trifluoromethane sulfonate)、CF₃SO₃⁻、OTf⁻)的酸及盐,例如LiOTf、NaOTf、KOTf、NH₄OTf、Mg(OTf)₂、Mn(OTf)₂等。使用顺磁性阳离子的优点可在于,可不需要额外的弛豫剂来调整T1及T2。

[0105] 6. 含有三氟乙酸根(CF₃CO₂⁻)的酸及盐,例如LiCF₃CO₂、NaCF₃CO₂、KCF₃CO₂、NH₄CF₃CO₂、Mg(CF₃CO₂)₂、Cu(CF₃CO₂)₂、Mn(CF₃CO₂)₂等。使用顺磁性阳离子的优点可在于,可不需要额外的弛豫剂来调整T1及T2。

[0106] 下文中列出可添加到上述水性场探头中以便将弛豫时间调整到最佳值的水溶性¹⁹F-MR弛豫增强剂的实例:

[0107] 1. 含有Gd³⁺的盐,如GdCl₃

[0108] 2. 含有任一种镧系元素离子的盐

[0109] 3. 含有Gd³⁺的螯合物,如GdDTPA、GdDOTA、GdHPDO3A等

[0110] 4. 含有Cu²⁺的盐,如Cu(NO₃)₂及CuSO₄

[0111] 5. 含有Mn²⁺的盐,如MnSO₄

[0112] 6. 任何其它水溶性顺磁性化合物

[0113] 表1说明使用铜(II)调整四氟硼酸盐(BF₄⁻)水溶液的氟T1及T2弛豫时间的实验结果。

[0114]

表 1. 在各种浓度的顺磁性铜(II)或钆(III)下四氟硼酸盐(BF ₄ ⁻)水溶液的氟 T ₁ 及 T ₂ NMR 弛豫时间.					
含氟化合物	氟浓度(M) ^a	顺磁性溶质	溶质的浓度(g/L)	T ₁ (ms) ^b	T ₂ (ms) ^c
四氟硼酸钠	18	-	-	2636	662
四氟硼酸钠	18	硝酸铜(II)三水合物	6	251	131
四氟硼酸钠	12	硝酸铜(II)三水合物	330	3.9	2.4
四氟硼酸铜水合物	54	-	-	0.6	0.3
四氟硼酸钠	20	氯化钆(III)	5 ^d	547	340
四氟硼酸钠	19	钆(III) DTPA	4 ^d	599	318

[0115] 在表1中:氟浓度^a从溶解的四氟硼酸盐的量及估计的最终体积计算。

[0116] ^b氟T₁值是使用标准的反转恢复(inversion recovery)MR(磁共振)脉冲序列在7特斯拉的磁场强度下测定。

[0117] ^c氟T₂值是使用标准的CPMG(Carr-Purcell-Meiboom-Gill)MR脉冲序列在7特斯拉的磁场强度下测定。

[0118] ^d顺磁性溶质的实际浓度很可能较低,因为当将顺磁性物质的水溶液添加到四氟硼酸盐溶液中时发生沉淀。

[0119] 原则上,具有最高有效磁矩及有利的电子弛豫时间的顺磁性金属离子(例如Mn²⁺和Gd³⁺)将优选用于此目的,因为预期这些离子对氟T₁及T₂具有最高影响。遗憾的是,许多顺磁性氟化物具有相当低溶解度的产物。由于BF₄⁻、PF₆⁻及SiF₆⁻在水解的情况下可生成游离的氟离子,因此,实际上 可获得的T₁及T₂的最大降低对于许多顺磁性金属离子来说相当有限。然而,CuF₂具有相对高溶解度的产物,并且因此预期Cu²⁺离子极其可用于这种方法。Cu(BF₄)₂的浓水溶液显示对应于需要值的弛豫时间(T₁=0.6ms, T₂=0.3ms)。

[0120] 第三种方法是使用含氟的室温离子液体,例如阴离子为四氟硼酸根、六氟磷酸根、四氟铝酸根、六氟锑酸根、六氟砷酸根、双(三氟甲烷)磺酰亚胺(bis(trifluoromethane)sulfonimide)、三(三氟甲基磺酰基)甲基化物或三氟甲磺酸根的离子液体。后三种阴离子可为优选的,因为这些阴离子对水解较不敏感并且较不具有毒性。离子液体对于应用于场探头中具有独特的有利性质组合:

[0121] 1. 由于它在室温下是液体,因此,T₂与固体相比固有地较长。

[0122] 2. 由于它是纯净的液体物质,因此,浓度并且因此¹⁹F MR信号固有地高。

[0123] 3. 顺磁性离子可容易地溶解于纯净的离子液体中,并且可将¹⁹F-MR T₁弛豫时间调整到实用值(参见下表2中的结果)。

[0124] 4. 不存在水,因此,没有含氟的阴离子水解的风险,前提条件是容器正确地密封。

[0125] 5. 所述物质不易滑脱,不挥发(已知离子液体具有非常低的蒸气压),并且对于由氧化或还原而导致的降解不敏感(已知离子液体具有高电导率)。

[0126] 图6显示含氟的室温离子液体600的实例(1-丁基-4-甲基吡啶鎓四氟硼酸盐)。

[0127] 图7显示碳氟化合物弹性体700的实例。单体重复数以1、m及n表示。

[0128] 图8显示氟化无机聚合物800的若干个实例。标记为802的聚合物是氟硅酮。标记为804的聚合物是氟磷腈。单体重复数以1、m及n表示。R表示烷基链,并且RF表示氟化烷基。

[0129] 还可使用含氟聚合物作为用于MR场探头的 ^{19}F -NMR信号所需要的氟核的主要来源。氟弹性体构成一类特殊的含氟聚合物,其为无定形的并且在高于其玻璃转变温度下存在,因此,可能存在相当大的链段运动(segmental motion)。因此,这些聚合物与其它含氟聚合物相比显示相对高的粘弹性、特别低的杨氏模量(Young's moduli)和高的屈服应变。因此,预期氟弹性体与其它含氟聚合物相比具有更有利(即,更小)的 T_1/T_2 比。典型实例是碳氟化合物弹性体,如基于偏二氟乙烯、四氟乙烯、全氟甲基乙烯基醚、氯三氟乙烯、五氟丙烯及六氟丙烯的弹性体(参见图7);及氟化无机聚合物,如氟硅酮及氟磷腈(参见图8)。

[0130] 表2显示了调整若干种含氟的室温离子液体的 T_1 及 T_2 弛豫时间的实验结果。在添加20mg/g $\text{Mn}(\text{Tf})_3$ 之前及之后测定1-乙基-3-甲基咪唑鎓双(三氟甲基磺酰基)酰亚胺及1-丁基-4-甲基吡啶鎓四氟硼酸盐的 T_1 及 T_2 弛豫时间。

[0131]

表2. 在各种浓度的顺磁性锰(II)及钆(III)下两种室温离子液体的氟 T_1 及 T_2 NMR 弛豫时间.

含氟化合物	氟浓度(M) ^a	顺磁性溶质	溶质的浓度(g/L)	T_1 (ms) ^b	T_2 (ms) ^c
1-乙基-3-甲基咪唑鎓双(三氟甲基磺酰基)酰亚胺	23.4	-	-	881	632
1-乙基-3-甲基咪唑鎓双(三氟甲基磺酰基)酰亚胺	23.4	$\text{Mn}(\text{Tf})_3$	23	6.1	0.9
1-乙基-3-甲基咪唑鎓双(三氟甲基磺酰基)酰亚胺	23.4	$\text{Gd}(\text{Tf})_3$	15 ^d	61	8.2
1-丁基-4-甲基吡啶鎓四氟硼酸盐	20.2	-	-	816	260
1-丁基-4-甲基吡啶鎓四氟硼酸盐	20.2	$\text{Mn}(\text{Tf})_3$	20	0.9	0.4
1-丁基-4-甲基吡啶鎓四氟硼酸盐	20.2	$\text{Gd}(\text{Tf})_3$	21 ^d	389	12

[0132] 在表2中:氟浓度^a从离子液体的密度计算。

[0133] ^b氟 T_1 值是使用标准的反转恢复MR脉冲序列在7特斯拉的磁场强度下测定。

[0134] ^c氟 T_2 值是使用标准的CPMG MR脉冲序列在7特斯拉的磁场强度下测定。

[0135] ^d顺磁性溶质的实际浓度很可能较低,因为即使在剧烈搅拌之后并且在若干个加热-冷却循环之后最终的混合物也呈现不透明。

[0136] 此表中的数据说明含有氟的室温离子液体的T1及T2弛豫时间的缩短程度。T1弛豫时间的缩短尤其有益,因为它使得能够更快速地实施顺序磁场测定。T2弛豫时间限制实施磁场测定的频繁程度。通过使用较小浓度的Mn(Tf)₃,可使两种情况下的T2值增加到至少100ms。

[0137] 尽管已在附图及上述说明中图解说明及详细描述本发明,但所述图解说明及描述应视为是示例性或实例性而非限制性的;本发明并不限于所公开的实施方案。

[0138] 根据对附图、公开内容及随附权利要求书的研究,本领域的技术人员在实施所主张的发明时可理解及实现对所公开的实施方案的其它变化。在权利要求书中,词语“包括”并不排除其它元件或步骤,并且不定冠词“一(a)”或“一(an)”并不排除多个。单个处理器或其它单元可实现权利要求书中所述若干个项目的功能。在互不相同的从属权利要求中陈述某一措施的单一事实并不表明不能有利地组合使用这些措施。计算机程序可存储/分布在适宜的介质上,例如与其它硬件一起或作为其它硬件的一部分供应的光存储介质或固态介质,但也可以其它形式分布,例如经由因特网或其它有线或无线电信系统。权利要求书中的任何附图标记都不应解释为限制范畴。

[0139] 附图标记列表

[0140] 300 磁共振成像系统

[0141] 304 磁体

[0142] 306 磁体的腔

[0143] 308 成像区

[0144] 310 磁场梯度线圈

[0145] 312 磁场梯度线圈电源

[0146] 314 射频线圈

[0147] 316 收发器

[0148] 318 受试者

[0149] 320 受试者支撑物

[0150] 322 场探头

[0151] 326 计算机系统

[0152] 328 硬件接口

[0153] 330 处理器

[0154] 332 用户接口

[0155] 334 用户接口

[0156] 336 计算机存储装置

[0157] 338 计算机内存

[0158] 340 氟磁共振数据

[0159] 342 图像磁共振数据

[0160] 344 磁场图

[0161] 345 校正的磁共振数据

- [0162] 346 图像
- [0163] 348 脉冲序列
- [0164] 350 控制模块
- [0165] 352 磁场计算模块
- [0166] 354 数据校正模块
- [0167] 356 图像重建模块
- [0168] 402 容器
- [0169] 404 氟试样
- [0170] 406 线圈或天线
- [0171] 408 用于接收器的连接
- [0172] 500 磁共振线圈子系统
- [0173] 502 线圈元件
- [0174] 504 线圈元件
- [0175] 506 线圈元件
- [0176] 508 线圈元件
- [0177] 510 线圈元件
- [0178] 512 线圈元件
- [0179] 514 场探头
- [0180] 516 场探头
- [0181] 518 场探头
- [0182] 520 场探头
- [0183] 522 线圈元件接口
- [0184] 524 场探头接口
- [0185] 600 离子液体
- [0186] 700 碳氟化合物弹性体
- [0187] 800 氟化无机聚合物
- [0188] 802 氟硅酮
- [0189] 804 聚氟磷腈

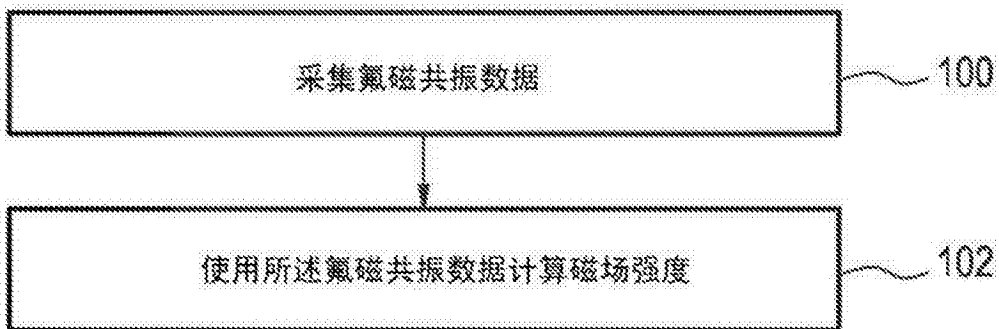


图1

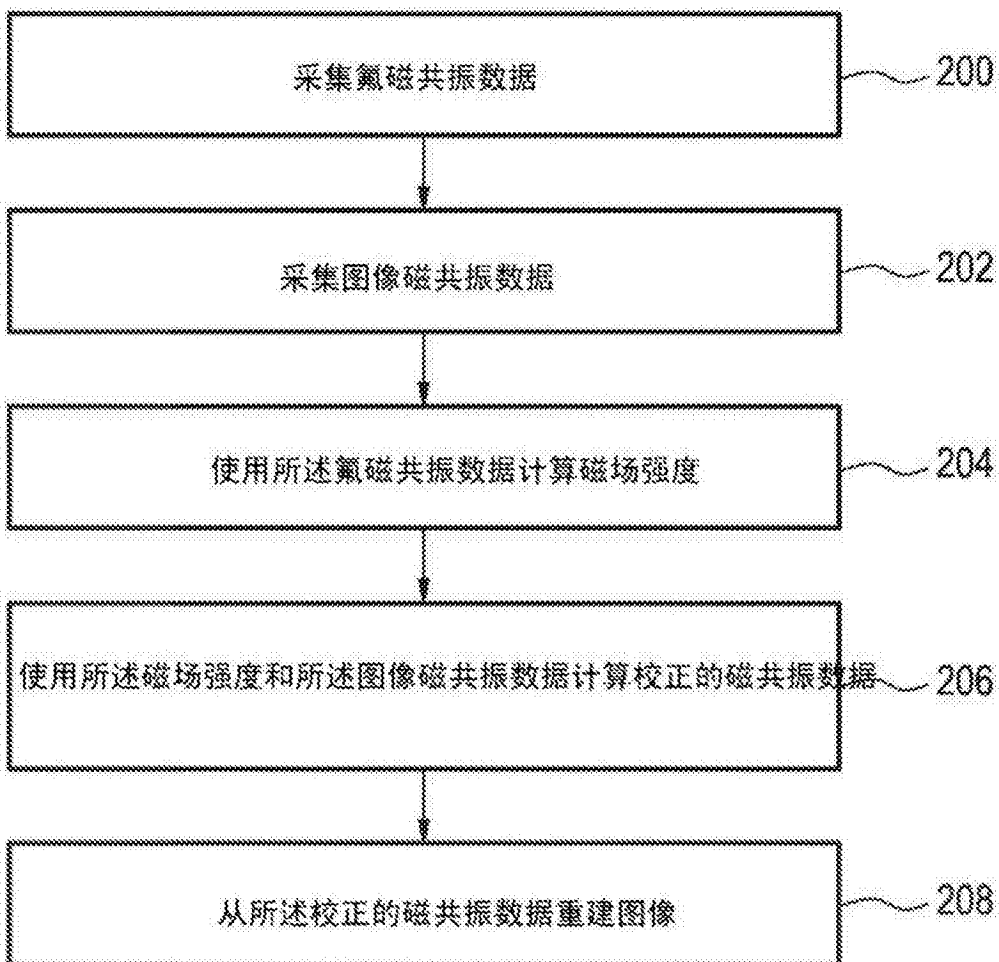


图2

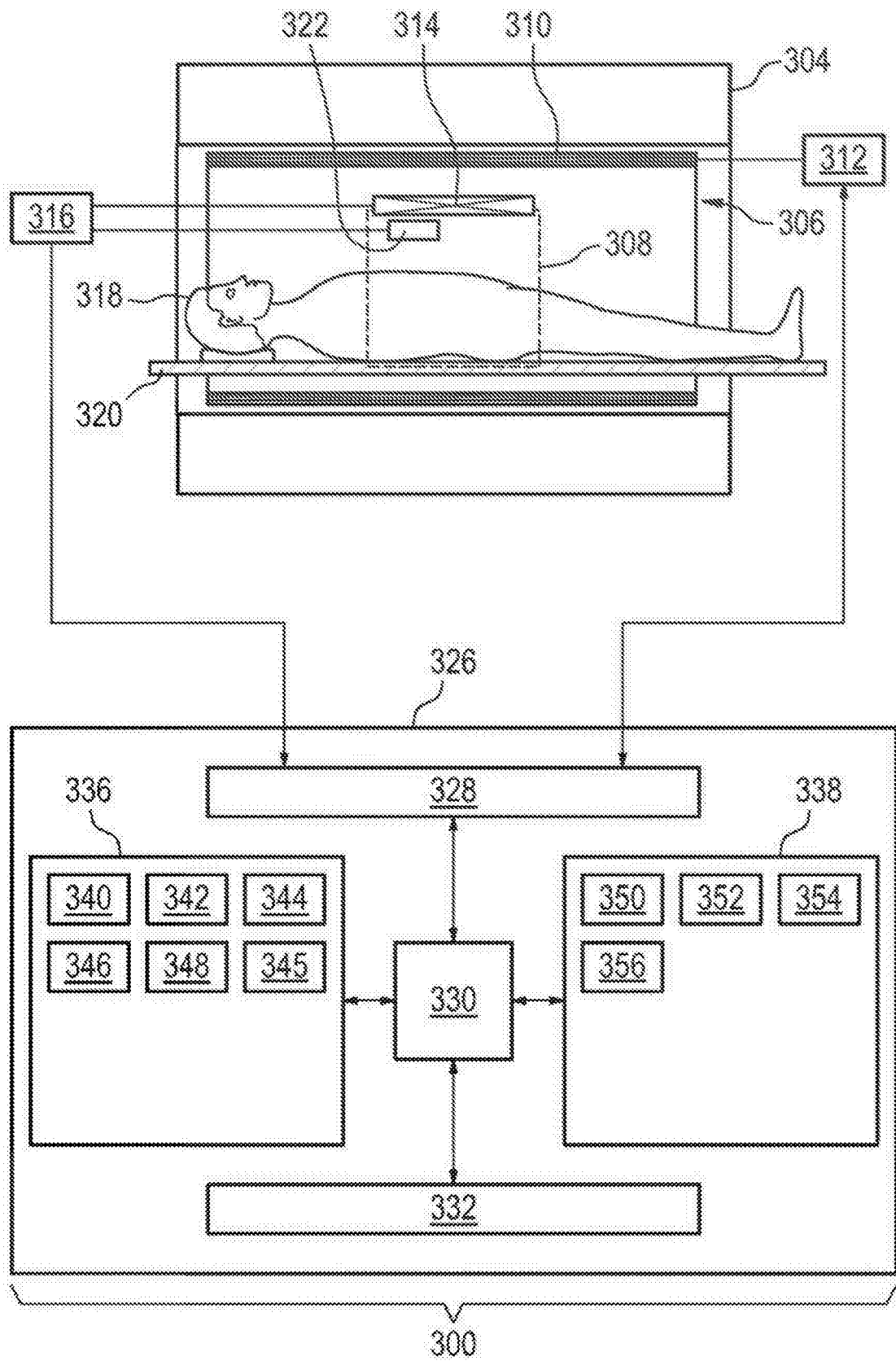


图3

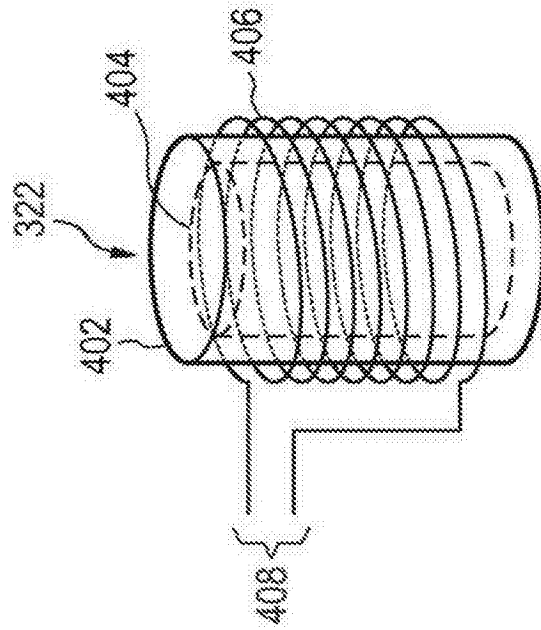


图4

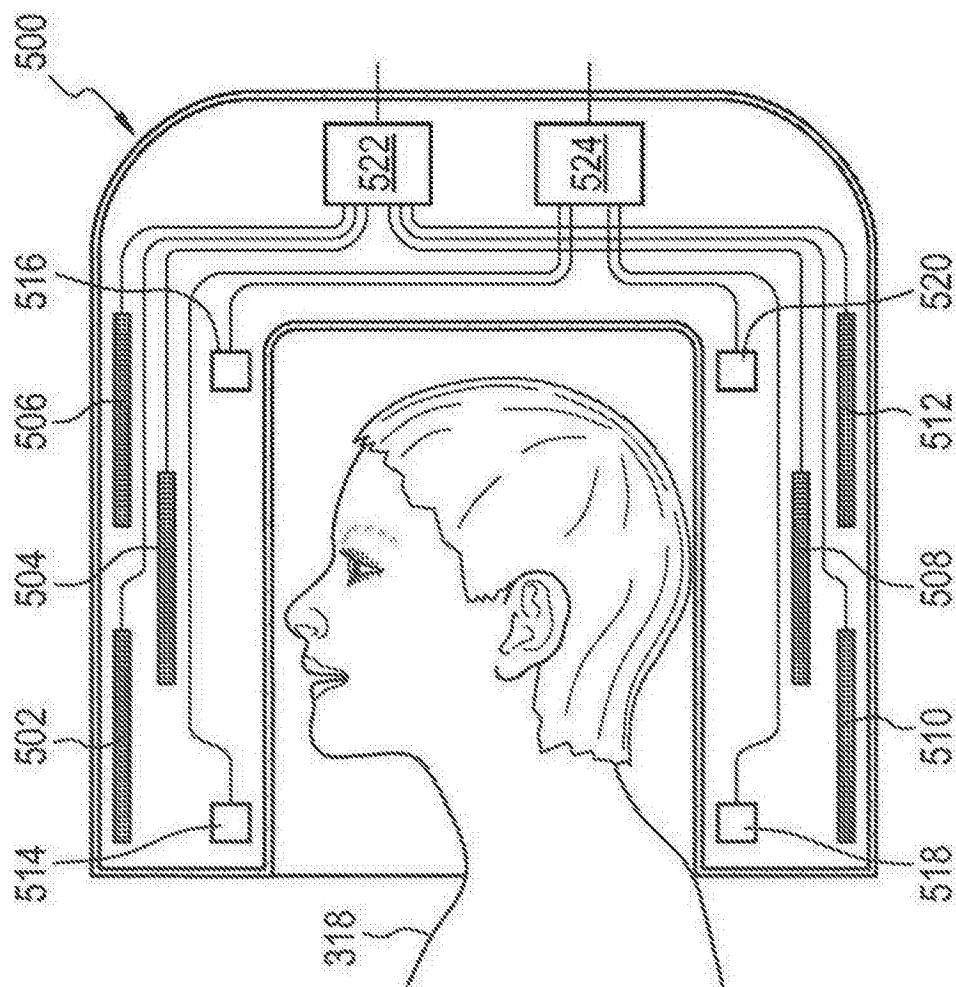


图5

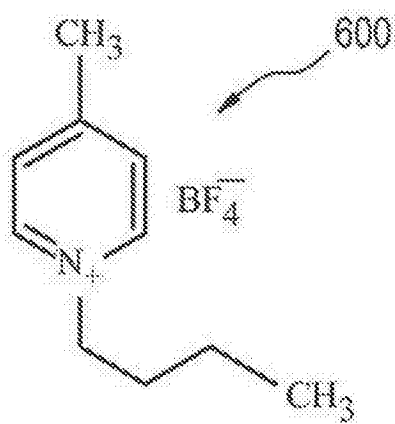


图6

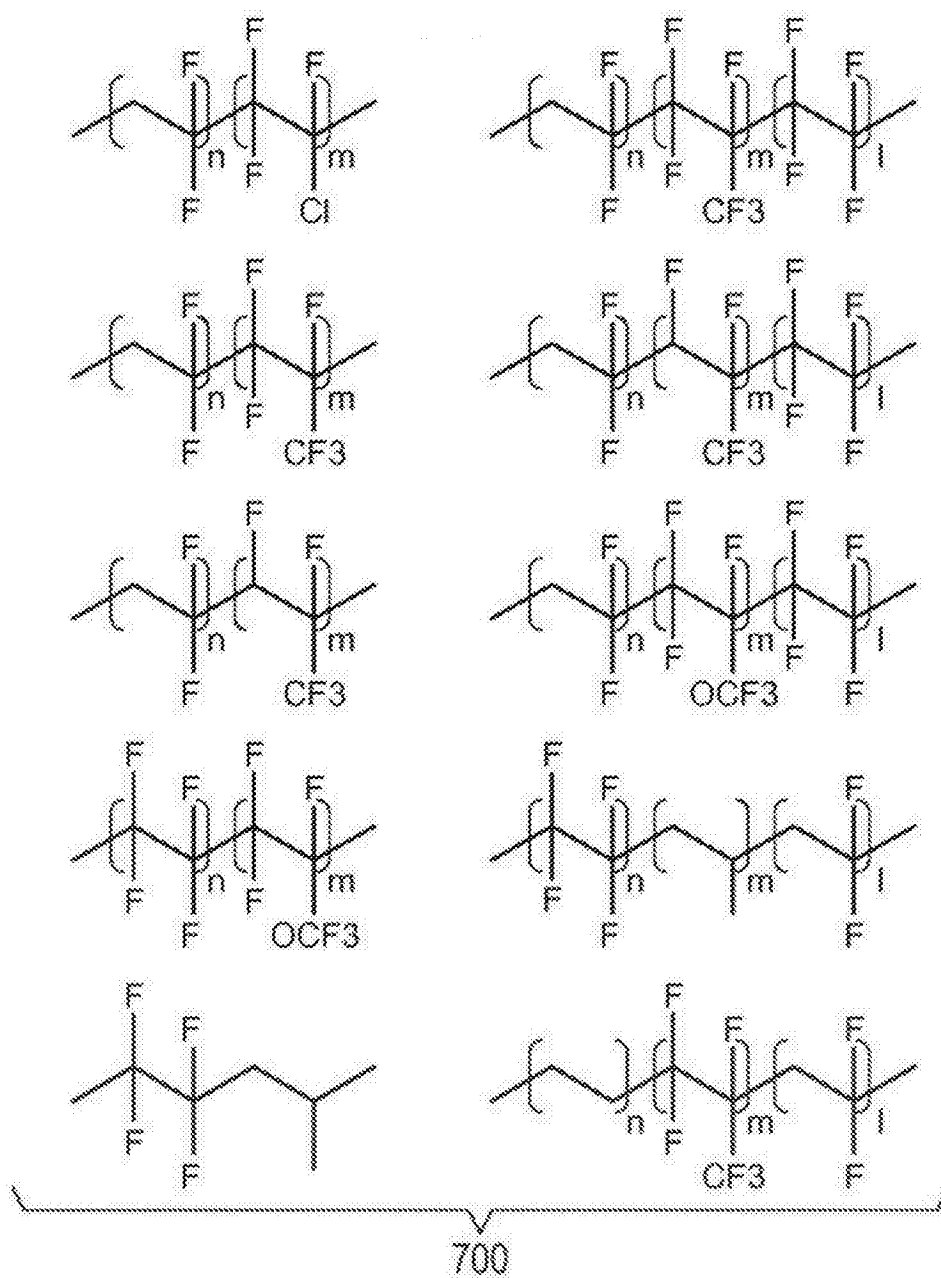


图7

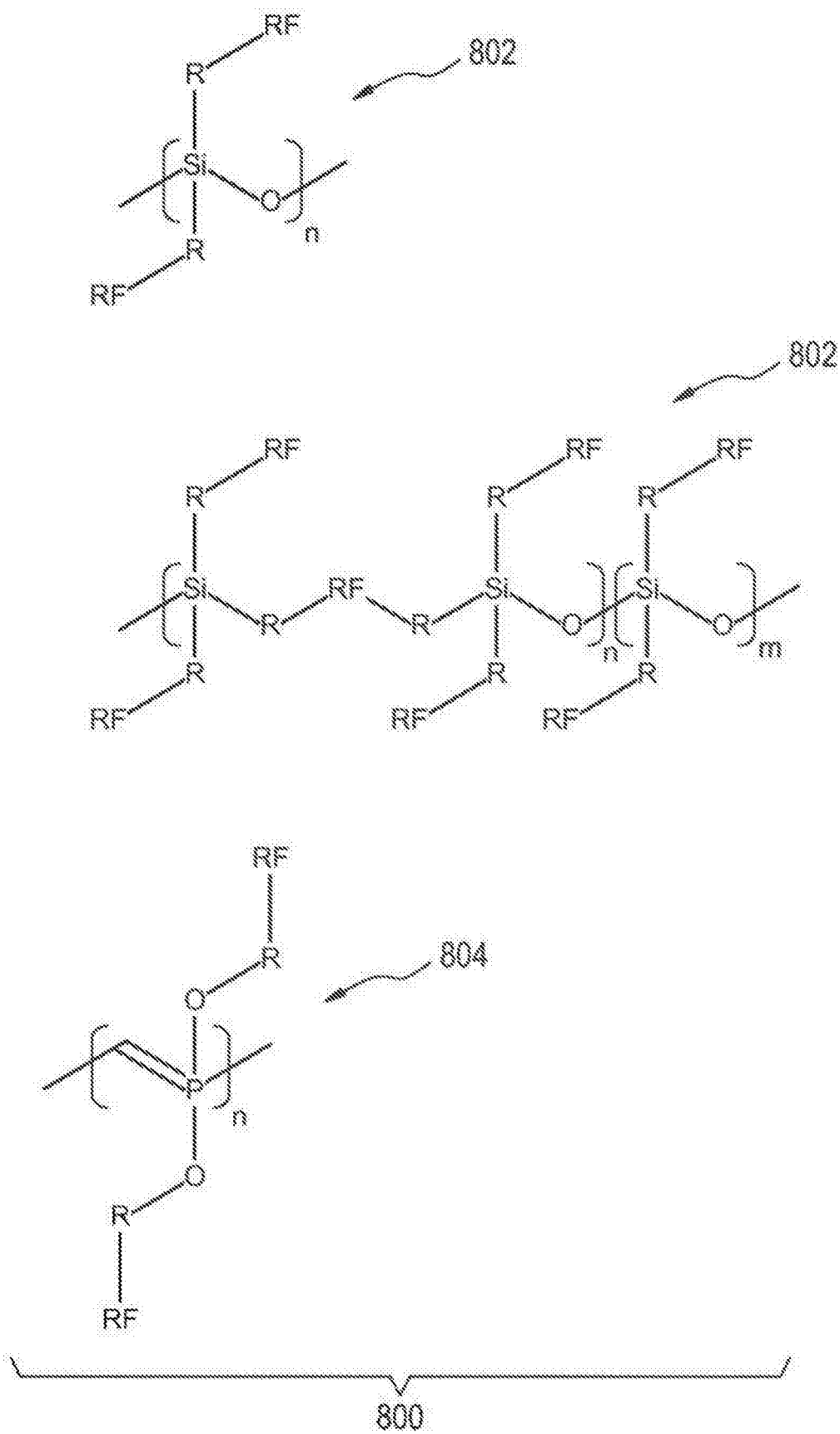


图8