



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111343918 A

(43)申请公布日 2020.06.26

(21)申请号 201880073009.1

(22)申请日 2018.10.01

(30)优先权数据

15/812,925 2017.11.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2020.05.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2018/057611 2018.10.01

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/097320 EN 2019.05.23

(71)申请人 提姆佩尔医疗有限责任公司

地址 荷兰埃因霍温高科技园区9K327和
K328

(72)发明人 拉斐尔·霍扎克

埃尔德·维埃拉·科斯塔

(74)专利代理机构 北京慧诚智道知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
11539

代理人 戴燕

(51)Int.Cl.

A61B 5/053(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

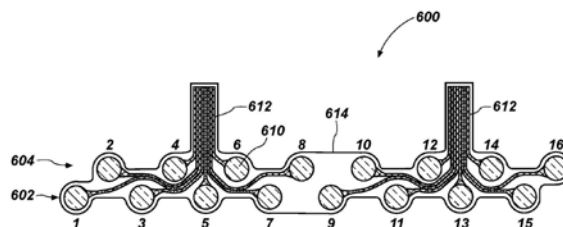
(54)发明名称

具有多维电极排列的电阻抗断层成像设备
和系统

(57)摘要

本发明公开了一种具有多维电极排列的电阻抗断层成像设备和系统,包括用于操作所述设备和系统的方法。重建的图像对应于所述多维电极排列的平面,以及一个或多个图像对应于电极平面之外的区域。这种重建可以通过应用具有多层的有限元网格来实现,所述多层是为不同区域定义的,用以生成图像。

权利要求书2页 说明书9页 附图7页
按照条约第19条修改的权利要求书3页



1. 一种电阻抗断层成像系统,包括:
电极带,包括排列在彼此纵向间隔的至少两个水平面中的电极;和
数据采集系统,与所述电极带可操作地连接,并配置来:
将激励电流注入到所述电极带上的连续电极对中;以及
根据测量到的电压重建图像,所述测量到的电压表示与电极平面相对应的区域的阻抗和电极平面以外的至少一个感兴趣区域的阻抗。
2. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,相邻纵向有间隔的平面上的所述电极沿着所述水平面相对彼此移动以彼此之间偏移。
3. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,相邻纵向间隔的平面上的所述电极沿着所述水平面相对彼此基本地对齐。
4. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述电极排列在两个平面中。
5. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述电极排列在两个以上平面上。
6. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述数据采集系统配置为通过使用位于同一水平面内的电极对,根据模式执行电流注入。
7. 根据权利要求6所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述位于同一水平面内的电极对包括位于同一平面内所述电极对之间的至少一个中间电极。
8. 根据权利要求6所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述数据采集系统配置为在使用位于第二水平面中的电极对之前,通过利用位于第一水平面中的电极对,根据模式执行电流注入。
9. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述数据采集系统配置为通过利用位于不同水平面对角线的电极对,根据模式执行电流注入。
10. 一种电阻抗断层成像系统,包括:
数据采集系统,包括:
存储设备,具有存储于其中的多个有限元网格,每个有限元网格具有用于重建图像的多个感兴趣区域,以及重建算法使用的对应的重建矩阵;以及
处理器,所述处理器与所述存储设备可操作地连接,所述处理器配置为:
从有至少两个平面上具有电极的电极带接收电压测量;以及
根据所述电压测量和有限元网格的选定层的选定的有限元网格重建图像。
11. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,至少一个有限元网格的所述多个感兴趣区域包括多个电极层,所述多个电极层包括在所述多个电极层之外的至少一层。
12. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,至少一个有限元网格的所述多个感兴趣区域包括非一致的区域。
13. 根据权利要求11所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述至少一个有限元网格的所述多个感兴趣区域包括所述多个电极层之外的至少一层。
14. 根据权利要求11所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述多个电极层包括位于所述多个电极层之上的第一层,和位于所述多个电极层之下的第二层。

15. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述处理器还配置为生成图形用户界面,所述图形用户界面配置为操作员能够从存储在所述存储设备的有限元网格库中选择所述有限元网格。

16. 根据权利要求15所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述图形用户界面还配置为所述操作员能够选择所述选定的有限元网格的特定区域,用以使用相应的重建矩阵生成和显示对应的重建图像。

17. 根据权利要求15所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述图形用户界面还配置为操作员能够重定义所述选定的有限元网格的感兴趣区域。

18. 一种操作电阻抗断层成像设备的方法,其特征在于,所述方法包括:

将激励电流注入电极带的连续电极对中,所述电极带具有排列在多个水平面中的电极;

利用电极对测量电压响应;以及

根据测量到的电压重建和显示图像,所述测量到的电压表示电极平面以外的至少一个区域对应的区域阻抗。

19. 根据权利要求18所述方法,其特征在于,重建图像包括将所述测量到的电压应用于重建矩阵,所述重建矩阵是根据选定的有限元网格生成的,所述选定的有限元网格具有多个定义的层,所述多个定义的层是对应电极平面,和用以所述电极平面之外的至少一个区域的。

20. 根据权利要求19所述方法,其特征在于,所述选定的有限元网格的多个定义的层为预先定义并保存在所述电阻抗断层成像设备的存储设备中,以从预置的有限元网格库进行选择。

具有多维电极排列的电阻抗断层成像设备和系统

[0001] 本申请要求于2017年11月14日提交的美国专利申请号为15/812,925、发明名称为“一种具有多维电极排列的电阻抗断层成像设备和系统”的美国专利申请的申请日的利益。

技术领域

[0002] 本发明涉及电阻抗断层成像 (Electrical Impedance Tomography, EIT) 系统, 尤其涉及一种具有多维电极排列的电阻抗断层成像系统, 该多维电极排列在电极平面之外产生成像数据。

背景技术

[0003] 电阻抗断层成像 (EIT) 是一种成像技术, 其涉及通过绕着患者身体周围区域放置电极带来定位电极 (例如, 绕着患者胸部周围用以肺部成像), 并通过一对电极注入电激励信号, 并且测量由电极带的其他电极检测到的感应的响应信号。从而, EIT 系统可以基于用于指示估计阻抗值的电压测量来生成图像。与其他成像技术相比, EIT 是无创的, 并且不具有某些可能限制监控行为的次数和频率的暴露风险 (例如, 使用 X 射线技术)。因此, EIT 适用于持续监控患者状况, 由于测量值可用于确定患者的呼吸参数和血液动力学参数, 并且监控实时的二维图像, 尤其适用于监控患者的肺部。

[0004] 图1为EIT系统100中的一部分的示意图, 示出了绕着患者105的感兴趣区域 (例如, 胸部) 放置的多个电极110。常规EIT系统100的电极110通常通过电极带物理固定在适当位置以确保电极110的间距一致和线性 (一维) 对齐。电极110的放置通常位于横向贯穿于患者头尾轴 (cranial caudal axis) 104 的单个平面102中。虽然图1中示出的电极110仅仅部分地绕着患者105放置, 但是可以根据可用于测量或期望用于测量的特定感兴趣区域将电极110绕着整个患者105放置。电极110可以连接到配置为控制电极110操作并执行EIT图像重建的计算系统 (图中未示出)。

[0005] 图2为沿着电极平面的患者105胸部横截面的示意图。电压被施加到一对电极110 (见带有+和-的电极所示) 上, 以将激励电流注入到电极对之间的患者身体内。结果, 电压 (例如, $V_1, V_2, V_3 \dots V_n$) 可以被其他电极检测到, 并且可以被EIT系统100测量。通过根据圆形排列使用不同的电极对, 在测量周期内产生激励电流, 来实现电流注入。

[0006] 图3为EIT系统使用的作为重建EIT图像400 (图4) 的起点的有限元网格 (finite element mesh) 300的示意图。有限元网格300是创建的数字模拟, 用于模拟与电极110的期望位置对应的患者身体区域的阻抗。有限元网格300被存储在EIT设备的存储器中, 且被重建算法用来解释测量结果并生成图像。使用线性排列在单个平面302中的电极110的传统的EIT系统, 还可以利用厚度相当于电极110的区域的有限元网格300, 并且该有限元网格被系统定义为用于重建图像的单层。

发明内容

[0007] 在一些实施例中, 公开了一种电阻抗断层成像系统。该电阻抗断层成像系统包括

电极带,其包括设置于相互纵向有间隔的至少两个平面中的电极;以及与电极带可操作地连接的数据采集系统。该数据采集系统被配置为注入激励电流到连续电极对中,利用电极带中的电极对测量电压响应,并通过测量到的电压来重建图像,所述测量到的电压表示电极平面之外至少一个感兴趣区域的阻抗。

[0008] 在一些实施例中,电阻抗断层成像系统包括数据采集系统,该数据采集系统包括存储有多个有限元网格的存储设备,以及处理器,该处理器与存储设备和电子显示器可操作地连接。每个有限元网格具有用于重建图像的多个感兴趣区域,以及以供重建算法使用的相应的重建矩阵。处理器被配置为从具有至少两个平面的电极的电极带接收电压测量,根据电压测量和用于选定的有限元网格的选定层的重建矩阵重建图像,并且将重建图像显示在电子显示器上。

[0009] 在一些实施例中,公开了一种操作电阻抗断层成像设备的方法。该方法包括将激励电流注入到电极带中的连续电极对中,该电极带具有排列在多个水平面上的电极,利用不被用来注入电流的电极对,测量电压响应,并根据测量到的电压重建和显示图像,所述测量到的电压表示与电极平面相对应的区域的阻抗和电极平面之外的区域的阻抗。

附图说明

[0010] 图1为EIT系统的一部分的示意图,示出围绕患者的感兴趣区域放置的多个电极;

[0011] 图2为沿着电极平面的患者胸部的横截面的示意图;

[0012] 图3为EIT系统使用的作为重建EIT图像的起点的有限元网格的示意图;

[0013] 图4为传统EIT系统重建的图像的示例;

[0014] 图5本发明实施例提供的一种EIT系统的示意性框图;

[0015] 图6为本发明实施例提供的一种电极带的示意图;

[0016] 图7为本发明实施例提供的根据电压测量重建图像时处理器使用的有限元网格的示意图;

[0017] 图8为本发明实施例提供的与图7有限元网格相对应的重建图像;

[0018] 图9为本发明另一实施例提供的有限元网格的侧视示意图;

[0019] 图10为包括横向平面、矢状平面和冠状平面的身体的各种平面的表示;

[0020] 图11为本发明实施例提供的一种使用电阻抗断层成像设备重建图像的方法的流程图。

具体实施方式

[0021] 下面参考附图和实施例对本申请作详细说明,作为本发明的一部分,附图通过图示的方式示出了可以实践本发明的具体实施例。通过对本发明实施例进行详细的说明,以使得本领域技术人员能够实践本发明。可以理解的是,详细说明和具体例子虽然指示了本发明公开的实施例,但是仅以说明的方式,并不以限制的方式给出。本发明中,可以在本发明的范围内进行各种替代,修改,添加重新排列或组合,并且对于本领域的技术人员来说是显而易见的。

[0022] 按照惯例,附图中的各种特征未按照比例进行绘制。本文所示的附图并不意味着任何特定装置(例如,设备,系统等)或者方法的实际视图,其仅仅是采用来描述本发明的各

种实施例的呈现。相应的,为了清楚起见,各种特征的尺寸可以随意的放大或者缩小。另外,为了清楚起见,可以简化一些附图。因此,附图没有描述给定装置的所有组成或者特定方法的所有操作。

[0023] 本发明描述的信息和信号可以使用各种技术或者多种技术中的任何一种来表示。例如,数据、指令、命令、信息、信号、位、符号和芯片可以由电压、电流、电磁波、磁场或粒子,光场或粒子,或其任意组合来表示。为了清晰的展示或描述,有些附图中使用单个信号来表示信号。本领域技术人员应该理解信号代表信号总线,其中,总线可能具有不同的带宽,并且本发明可以在包含单个数据信号的任何数量的数据信号上实现。

[0024] 本发明实施例相关的各种说明性逻辑块、模块和电路可以通过由通用处理器、专用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程逻辑门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)或其他可编程逻辑设备、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件或实现本发明描述的功能的任何组合来实施或者执行。通用处理器可以是微处理器,但可代替地,处理器可以是任何传统的处理器、控制器、微控制器或状态机。当通用处理器用来执行存储在计算机可读介质上的一些指令(例如,软件代码)时,被看作专用处理器。处理器也可以被实施为计算设备的组合,例如,DSP和微处理器的组合、多个微处理器、一个或者多个微处理器与DSP内核相连或任何其他组成。

[0025] 同样,应当注意,实施例可以按照过程来描述,该过程可以被描述为流程图,程序图,结构图或框图。尽管流程图可以将操作动作描述为顺序过程,但是可以使用另一种顺序并行或者基本同时执行其中的许多动作。此外,这些动作顺序可以被重新排列。过程可以对应于方法、功能、程序、子例程、子程序等。此外,本发明实施例提供的方法可以以硬件、软件或两者来实现。如果以软件来实现,功能可以作为一个或多个指令或代码在计算机可读介质中存储或传输。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质,包括便于计算机程序从一个地方转移到另一个地方的任何介质。

[0026] 应该理解的是,本发明使用诸如“第一”,“第二”等的名称对元件的任何引用不限制该元件的数量或顺序,除非明确说明了这种限制。相反,这些指定在本发明中可以用作区分两个或多个元件或元件实例的便利方法。因此,对第一和第二元件的引用并不意味着在那里仅可以使用两个元件,或者第一元件必须以某种方式在第二元件之前。另外,除非另有说明,否则一组元件可以包括一个或多个元件。

[0027] 本发明所使用的电极“平面”是指电极,该电极沿着电极带的纵向(例如,当应用于患者胸部时,电极带的方向横向贯穿患者头尾轴)至少实质性地呈线性设置。有时,纵向可以在图中显示为x轴,并且被看作水平。头尾轴在图中可以显示为y轴,并被看作为垂直。例如水平/垂直或x轴/y轴等术语是基于本发明的图中所示的方向。涉及的“患者”或“身体”可以适用于人类或动物,以及其他物体的成像应用。

[0028] 当涉及电极对时,破折号(-)用于分隔电极对的数字(例如,1-3,2-4,3-5等),其并不是用于表示电极范围。换言之,电极(1-3)表示电极对1和3,不表示电极1到3。

[0029] 图5本发明实施例提供的一种EIT系统500的示意性框图。该EIT系统500包括电极带510,该电极带可操作地连接到数据处理系统520。电极带510与数据处理系统520可以通过有线(例如,电缆)方式进行有线连接和/或具有通信模块来相互无线通信。数据处理系统

520可以包括处理器522,该处理器可操作地连接到电子显示器524,输入装置526和存储装置528。电子显示器524和数据处理系统520可以构建成单一形式,用在与电极带510连接的EIT设备中。在一些实施例中,电子显示器524和数据处理系统520可以是与电极带510连接的EIT设备的独立单元。在其他实施例中,EIT系统500可以集成在另一个主机系统中,该主机系统被配置为执行附加的医学测量和/或程序,其中,电极带510连接到主机系统的端口,该主机系统已经具有自己的输入设备、存储设备和电子显示器。因此,该主机系统具有安装在里面的EIT处理软件。这些软件可以在现场使用前安装到主机系统中,也可以在安装后更新。

[0030] 处理器522可以协调各种设备间的通信,并且执行存储在存储设备528的计算机可读介质中的指令,以指导电流激励、数据获取、数据分析和/或图像重建。在一个例子中,存储设备528包括有限元网格库,将在下面进一步论述的,处理器522使用有限元网格库来在感兴趣区域对患者的身体进行建模,以执行图像重建。输入设备526可以包括键盘、触摸屏接口、鼠标、远程控制、移动设备或其他被配置为接收用于处理器522从EIT系统500的操作员那里接收输入信息的设备。因此,对于触摸屏接口,接收用户输入的电子显示器524和输入设备526可以集成到同一设备内。电子显示器524被配置为接收数据并输出处理器重建的EIT图像以供操作员查看。处理器522还可以仅从测得的EIT数据生成附加数据(例如,数值数据、图表、趋势信息和被认为对操作员有用的其他信息),或者根据与之相连的其他设备,与其他非EIT数据结合生成附加数据。这些附加数据可以在电子显示器524上显示。

[0031] EIT系统500可以包括一些在图示中未示出的组件,还可以包括方便与电极带510进行通信、和/或电流激励的组件,如本领域技术人员可以理解的,包括一个或多个模数转换器、信号处理电路、解调电路、电源等。

[0032] 图6为本发明实施例提供的电极带600的示意图。例如,电极带600可以是图5中的电极带510。电极带600包括与电缆线612相连的电极610,还与数据采集系统(图5)相连接。电极610可以由绕着患者身体放置的带材料614(例如,织物,凝胶,粘合剂材料等)固定。电极带600可以绕着患者身体一部分或整个身体放置,这取决于要成像的期望区域或可用区域。电极610也可以用数字1-16单独表示,以对应于特定的电极(例如,电极1=第一电极,电极2=第二电极...电极16=第十六电极)。虽然图6示出了16个电极610,考虑根据期望图像分辨率和/或患者的大小,可以使用具有不同电极数量(例如,32)的电极带。一组或多组电缆612还可以用于将电极610与数据采集系统连接。

[0033] 如图6所示,电极610可以排列在第一平面602和第二平面604中。也可以考虑将电极610排列在其他附加的平面中(例如,多于2个平面)。在一些实施例中,第一平面602中的电极610与第二平面604中的电极610水平偏移。因此,第一平面602中的电极610可以相对于第二平面604中的电极610水平地移动(例如,以z字形图案),从而一个平面中的电极610可以与另一平面的电极610之间的空间垂直对齐。在一些实施例中,相邻平面中的电极610可以相对于彼此沿着各自的水平面基本对齐(例如,以堆叠模式)。每个平面602和604可以包括多个电极610。例如,一个实施例中包括16个电极,第一平面602包括8个电极和第二平面604包括8个电极。在一个实施例中,具有32个电极,第一平面602包括16个电极和第二平面604包括16个电极。因此,每个平面602、604具有相同数量的电极。在一些实施例中,平面602和604可以具有不同数量的电极610。例如,在一个实施例中,有16个电极,第一平面602包括

12个电极和第二平面604包括4个电极(或其他组合,例如4和12,6和10,10和6等)。具有32个电极的实施例中,还包括具有不同数量的电极(例如,例如12和20,14和18,18和14,20和12等)的平面602和604。此外,还可以考虑不同于16和32的电极的数量和组合。

[0034] 在操作中,激励电流被注入到连续的电极对中,其他电极中的感应电压可以被测量到,并绕着感兴趣区域的一个或多个测量周期生成每个测量值的电压矢量并进行分析。这些电压值表示身体的阻抗,阻抗测量被重建为EIT系统显示的图像。在一些实施例中,测量电极中的感应信号的测量基本同时发生。当然,身体具有不一致的组成,在重建图像时,测得的信号的相位可以被处理器522偏移。在一些实施例中,激励电流为高频AC信号(例如,在10KHz与2.5MHz之间),他们的响应可以通过测量电极来测量。此外,在一些实施例中,低频信号也可以从测量中提取,该测量指示血液动力学和呼吸活动。例如,大约1Hz到4Hz之间的信号可以指示心跳,低于1Hz的信号指示呼吸。一般地,每秒大约产生20到100个测量周期(每秒图像)。还可考虑EIT系统的不同组件的性能特征支持的其他测量周期。

[0035] 利用电极的各种替换模式被考虑作为本发明的实施例。在一些实施例中,用于测量周期的替换模式可以包括用第一平面602的电极注入激励电流,然后用第二平面604的电极注入激励电流。将其他电极的测量合并来在EIT设备上重建并显示图像。例如,测量周期包括第一平面602的第一使用电极(1-3,3-5,5-7等)来产生激励电流,然后在第一平面602的所有电极对被使用后,利用第二平面604的电极(2-4,4-6,6-8等)产生激励电流。在每个实例中,非电流产生电极测量电压来确定如上所述的阻抗。在另一个例子中,电极对不直接相邻。例如,电极对被一个或多个中间电极分开,例如利用第一平面602中的电极(1-5,3-7,5-9等)产生激励电流,然后利用电极(2-6,4-8,6-10等)产生激励电流。这样的实施例可以被称为“交替的”。交替的替换模式中,在产生激励电流时可以忽略各自平面中的一个电极(例如,1-5,3-7,5-9等)。同样的,测量电极也可以忽略一个电极。交替的替换模式在生成激励电流时也可以忽略各自平面中的其他电极(例如,1-7,3-9,5-11等)。

[0036] 在一些实施例中,替换模式包括通过在第一平面602的电极和第二平面604的电极之间交替地注入激励电流。非电流产生电极的测量结果被合并来重建并显示图像。例如,第一平面602的电极(1-3)产生激励电流,随后第二平面604的电极(2-4)可以用来产生激励电流。测量周期可以用每个平面602和604的电极(3-5,4-6,5-7,6-8等)继续进行,每个轮流产生激励电流,而其他电极被用来执行测量直到完成绕着感兴趣区域的测量周期。这样的替换模式还可以采用交错的操作顺序。例如,激励可以利用电极(1-5,2-6,3-7,4-8等)或电极(1-7,2-8,3-9,4-10等)来产生,这取决于期望的中间电极的数量。

[0037] 在一些实施例中,替换模式包括利用对角排列在不同平面602和604中的电极对注入激励电流。例如,在测量周期中,电极(1-2,2-3,3-4等)被用来产生激励电流。这种替换模式还可以采用交错的操作顺序。例如,用电极(1-4,2-5,3-6,4-7等)来产生激励。在一些实施例中,还可以考虑其他非顺序的替换模式。例如,非顺序的电极(1-4,16-19,17-20,2-5)来产生激励。

[0038] 图7为本发明实施例提供的当生成重建矩阵时,处理器522使用的有限元网格700原理呈现的透视图,该重建矩阵被用来根据电压测量重建图像。有限元网格700是数字模拟,用来模拟待重建的电阻抗图像的身体的电阻率。有限元网格700是三维的(3D),然而提取的图像是二维的(2D)。突出部分表示电极610。由于患者的身体不能呈现一致的电阻率,

也不能用一致的电阻率矩阵来模拟有限元网格700的身体。在整个有限元网格700中电阻率在矩阵的每个维度上变化。当重建图像时,从不同电极获得的电压测量被应用于重建矩阵,以减小因应用于电阻率矩阵来确定由重建图像所显示的阻抗值而来的误差,该重建矩阵是根据有限元网格700的电阻率生成。

[0039] 有限元网格700可以在逻辑上划分为多个感兴趣区域。例如,图7的有限元网格700被划分为7层,第一层702和第二层704可以是第三层706和第四次708上方的区域(也称为电极层)。第五层710和第六层712可以在电极层706和708下方。第七层714可以被定义为电极层706和708之间的薄区域。还可以考虑其他数量的层,包括细分处于电极层706和708之上或之下的702,704,710,712的附加层。此外,依据电极的间隔,在电极层706和708之间还可以定义一些层。在不同的实施例中,这些层可以具有相同的厚度或不同的厚度。在某些情况下,定义更薄的层可以提高该层的重建图像的精确度。

[0040] 应该注意的是,图7中的有限元网格700是一般的圆柱形。但是,还可以考虑不同的形状来更准确地说明患者的不同形状和身体类型。EIT设备的存储器可以存储不同的有限元网格库,以供设备操作员能够从中选择近似于患者的身体的有限元网格。

[0041] 在重建前,有限元网格700可以被用来生成一个或多个重建矩阵。对有限元网格700中定义的每个层生成不同的重建矩阵。例如,对第一层702生成第一重建矩阵,对第二层704生成第二重建矩阵,对第三层706生成第三重建矩阵,对第四层708生成第四重建矩阵,对第五层710生成第五重建矩阵,对第六层712生成第六重建矩阵,和对第七层714生成第七重建矩阵和/或依据定义的层的数量的任何其他数量的重建矩阵。由于电流通过整个身体中不以直线流动,有限元网格700所有层的阻抗可以由每个各自的重建矩阵加权,有助于对给定层的重建图像。离电极越近阻抗的作用越强,而距离电极越远的区域,阻抗的作用越弱。

[0042] 在重建中,测量电极生成的电压矢量被施加到一个或多个重建矩阵。EIT设备可以被配置为针对有限元网格700定义的每一层702-714生成重建图像。在其他实施例中,EIT设备可以被配置为针对操作员选取的层702-714的子集生成重建图像。

[0043] 图8为本发明实施例提供的与图7提供的有限元网格相对应的一组重建2D图像800。重建算法被应用于有限元网格700(图7)的每个选定层,来生成对应的2D图像。对有限元网格700(图7)的特定层生成2D图像还被称为“聚焦”在特定层上以在独立区域中生成2D图像。如图8所示,对层704生成图像804,对层706生成图像806,对层708生成图像808,对层710生成图像810。在本例中忽略最外层702和712。但是,如果需要的话也可以生成对应的图像。

[0044] 因此,不仅可以对电极平面的电极层706,708生成图像806,808,还可以对在电极平面之外的电极层704,710生成相应的图像804,810。这样,操作员可以实时的观察在电极平面之外的区域中身体内发生的各种现象。尽管这些区域的图像可能比其他平面的电极与有限元网格的层对齐的那些的分辨率要低,但是出于考虑成本和/或不期望放置电极或者甚至不可能放置电极的位置,获得不带平面电极的信息是期望的。

[0045] 如图8所示,可以将不同的图像组合成一个单独的图像展示给操作员。在一些实施例中,EIT系统基本同时为每个选定的层执行重建(例如,使用各自的重建矩阵对每个层进行重建的并行处理)。在一些实施例中,图形用户界面可以使操作员能够选择一个或多个要

显示的图像,其余的被隐藏以减少干扰。在这样的实施例中,根据操作员的选择,某些处理特征不能同时执行或根本不执行。例如,操作员可以选择比可获得的层更少的层来显示。这样,EIT系统只对选定的层进行重建,而不对未被选择的层进行重建。因此,可以单独地或者以任何组合的方式对电极层或平面外的区域生成重建图像。当然,在一些实施例中,EIT系统可以对未被选择来显示的层执行重建处理。这样做会增加计算复杂度,影响图像的刷新率。但是,如果希望将这些图像(或从中提取的其他数据)保存以供以后查看或其他患者记录保存需求,对未选择显示的层执行重建处理可能会很有用。

[0046] 该图像用户界面还可以被配置为选择有限元网格针对特定患者使用,以及如果操作员对有限元网格的预定义区域不满意,重新定义生成图像的层或其他感兴趣区域。当操作员专门通过用户界面重新定义新感兴趣区域,EIT系统可以配置为从所选的有限元网格中自动生成新的重建矩阵,以用于之后的测量和重建周期中。重定义有限元网格的区域可以被实时来用于单次使用,或者保存并添加到有限元网格库中用以之后的使用,如果操作员这么期望的话。

[0047] 图9为本发明另一实施例提供的有限元网格900的原理呈现的侧视示意图。与图7中的有限元网格700相比,有限元网格900可以具有未被定义为层的感兴趣区域。也就是说,感兴趣区域是非线性的(例如,不是一致厚度的层)“不规则的”或“随意的”(例如,任何期望的形状或位置)。这些区域可以是在操作员使用之前预先定义并存储在EIT设备中,或者在使用过程中被操作员创建。还可以对每个感兴趣区域创建重建矩阵以供EIT设备重建图像时使用。因此,网格可以包含任意数量的感兴趣区域,这些区域具有围绕着电极层之外区域的任何形状或位置,并相应地生成对应的重建矩阵。定义的感兴趣区域和相应的重建矩阵越多,则通过获得更高的粒度,重建图像越精确。更多的定义区域需要在内存和处理成本以及重构时间之间进行权衡。但是,发明者已经认识到,更高的粒度可能有助于减少生成重建矩阵的中间步骤中的误差。因此,在图7的网格中清晰地定义了一致的层,在图9的网格中,当网格、参数和平衡参数被结合,来生成图像重建矩阵时,构建该层。

[0048] 图10为包括横向平面1002、矢状平面1004和冠状平面1006的身体的各种平面1000的呈现;根据各个实施例,对多平面EIT设备重建的图像以及对电极平面外区域生成图像的方法可以提供多个横向平面的图像和其他信息,而不是单一的横向平面。另外,相同的测量数据可被用来提供冠状平面和/或矢状平面的图像和其他信息。

[0049] 图11为本发明实施例提供的一种操作电阻断层成像设备的方法的流程图1100。在操作1102,可以对不同的身体形状和身体类型定义有限元网格。有限元网格可以被存储在电阻断层成像设备的存储设备中。每个有限元网格还可以具有与电极平面的电极层相对应的多个感兴趣区域(例如,随机区域,定义的层等)以及在电极平面之外的感兴趣区域。基于要用于重建图像的有限元网格,每个感兴趣区域可以具有其自己对应的重建矩阵。电阻率的分布至少部分取决于设置,例如所选的网格,当前应用的模式,以及系统定义的其他参考值以及归一化方程式。另外,如本领域技术人员应当理解的是,也可以使用一些规则(regularization)参数,例如滤波器、灵敏度因子和用于特定感兴趣区域的其他参数。在开始测量周期之前,操作员可以为特定患者选择所需的有限元网格和所需的感兴趣区域。

[0050] 在操作1104,通过放置在患者身上的电极带中的电极来执行测量周期。如上所述,电极可以排列在多个水平面中。测量周期包括将激励电流注入连续的电极对中,同时还通

过其他电极执行电压测量。如上所述,可以考虑各种电流模式和测量模式。

[0051] 在操作1106,根据电压测量和选定的有限元网格来重建图像。通过将测量值应用于对应的重建矩阵,可以对有限元网格定义的至少一些不同的感兴趣区域执行图像重建,包括对位于电极区域外部的至少一个区域,如果选择的话,以及对电极区域,执行重建。

[0052] 在操作1108,通过电阻抗断层成像设备的电子显示器来显示图像。因此,电阻抗断层成像设备生成并显示包括在电极平面内以及在电极平面外的多个2D图像,给操作者提供比传统系统能够提供的更多的关于体内现象的实时成像信息。

[0053] 在操作1110,EIT设备可以生成、存储和/或显示附加数据。例如,附加数据包括后处理数据或其他数据(例如,数字数据,图表,趋势信息以及被认为对操作员有用的其他信息)。这样的数据可以由电压测量结果和/或重构的图像而来。

[0054] 其他非限制性实施例包括:

[0055] 实施例1,一种电阻抗断层成像系统,包括:电极带,该电极带包括排列在至少两个彼此纵向有间隔的水平面中的电极;和数据采集系统,所述数据采集系统与所述电极带可操作地连接,并被配置来:将激励电流注入到电极带上的连续电极对中;并根据测量到的电压重建图像,所述测量到的电压表示与电极平面相对应的区域的阻抗和电极平面以外的至少一个感兴趣区域的阻抗。

[0056] 实施例2,实施例1的电阻抗断层成像系统,其中,相邻纵向有间隔的平面中的电极沿着水平面相对彼此移动,以使得相互偏移。

[0057] 实施例3,实施例1的电阻抗断层成像系统,其中,所述相邻纵向有间隔的平面中的电极沿着所述水平面相对彼此基本对齐。

[0058] 实施例4,任何实施例1-3的电阻抗断层成像系统,其中,电极正好排列在两个平面中。

[0059] 实施例5,任何实施例1-3的电阻抗断层成像系统,其中,电极排列在两个以上平面中。

[0060] 实施例6,任何实施例1-5的电阻抗断层成像系统,其中,所述数据采集系统配置为通过使用位于同一水平面内的电极对,根据模式执行电流注入。

[0061] 实施例7,任何实施例1-6的电阻抗断层成像系统,其中,所述位于同一水平面内的电极对包括在同一平面内的至少一个中间电极。

[0062] 实施例8,任何实施例1-6的电阻抗断层成像系统,其中,所述数据采集系统配置为在使用位于第二水平面中的电极对之前,通过利用位于第一水平面中的电极对,根据模式执行电流注入。

[0063] 实施例9,任何实施例1-6的电阻抗断层成像系统,其中,所述数据采集系统配置为通过利用位于不同水平面对角线位置的电极对,根据模式执行电流注入。

[0064] 实施例10,电阻抗断层成像系统,包括数据采集系统,包括:存储设备,所述存储设备具有存储于其中的多个有限元网格,每个有限元网格具有用于图像重建的多个感兴趣区域和重建算法使用的对应的重建矩阵;以及处理器,所述处理器与所述存储设备可操作地连接,所述处理器配置为:从至少两个平面上具有电极的电极带接收电压测量;以及根据电压测量和有限元网格的选定层选定有限元网格重建图像。

[0065] 实施例11,实施例10的电阻抗断层成像系统,其中,至少一个有限元网格的所述多

个感兴趣区域包括多个电极层,多个电极层包括所述多个电极层之外的至少一层。

[0066] 实施例12,实施例10或实施例11的电阻抗断层成像系统,其中,所述至少一个有限元网格的所述多个感兴趣区域包括非一致区域。

[0067] 实施例13,任何实施例10-12的电阻抗断层成像系统,其中,所述至少一个有限元网格的所述多个感兴趣区域包括所述多个电极层之外的至少一层。

[0068] 实施例14,任何实施例10-13的电阻抗断层成像系统,其中,所述多个电极层包括位于所述多个电极层之上的第一层,和位于所述多个电极层之下的第二层。

[0069] 实施例15,任何实施例10-14的电阻抗断层成像系统,其中,所述处理器进一步配置为生成图形用户界面,所述图形用户界面配置为操作员能够从存储在所述存储设备的有限元网格库中选择所述有限元网格

[0070] 实施例16,实施例15的电阻抗断层成像系统,其中,所述图形用户界面还配置为使得所述操作员能够选择所述选定的有限元网格的特定区域,来使用相应的重建矩阵生成和显示对应的重建图像。

[0071] 实施例17,实施例15的电阻抗断层成像系统,其中,所述图形用户界面还配置为使得所述操作员能够重定义所述选定的有限元网格的感兴趣区域。

[0072] 实施例18,一种操作电阻抗断层成像设备的方法,所述方法包括:向电极带中连续的电极对注入激励电流,所述电极带具有排列在多个水平面中的电极;利用电极对测量电压响应;以及根据测量的电压重建和显示图像,所述测量的电压表示电极平面以外的至少一个区域对应的区域的阻抗。

[0073] 实施例19,实施例18的方法,其中,重建图像包括将所述测量到的电压应用于重建矩阵,所述重建矩阵由选定的有限元网格生成,所述有限元网格具有与所述电极平面对应的和用以所述电极平面外至少一个区域的多个定义的层。

[0074] 实施例20,实施例19的方法,其中,所述选定的有限元网格的所述多个定义的层为预先定义并保存在所述电阻抗断层成像设备的存储设备中,以供从预置的有限元网格库进行选择。

[0075] 本领域技术人员将认识并理解,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对该发明的限定。相反,凡在不违背下文所述的公开范围(包括法律上的同等公开)之内,所做的任何添加、删除、修改等,均应包含在本发明的保护范围之内。另外,本申请中的实施例及实施例中的特征的相互组合,同样被包括在本申请的保护范围内。进一步的,本发明的实施例具有各种不同检测器类型和配置实用性。

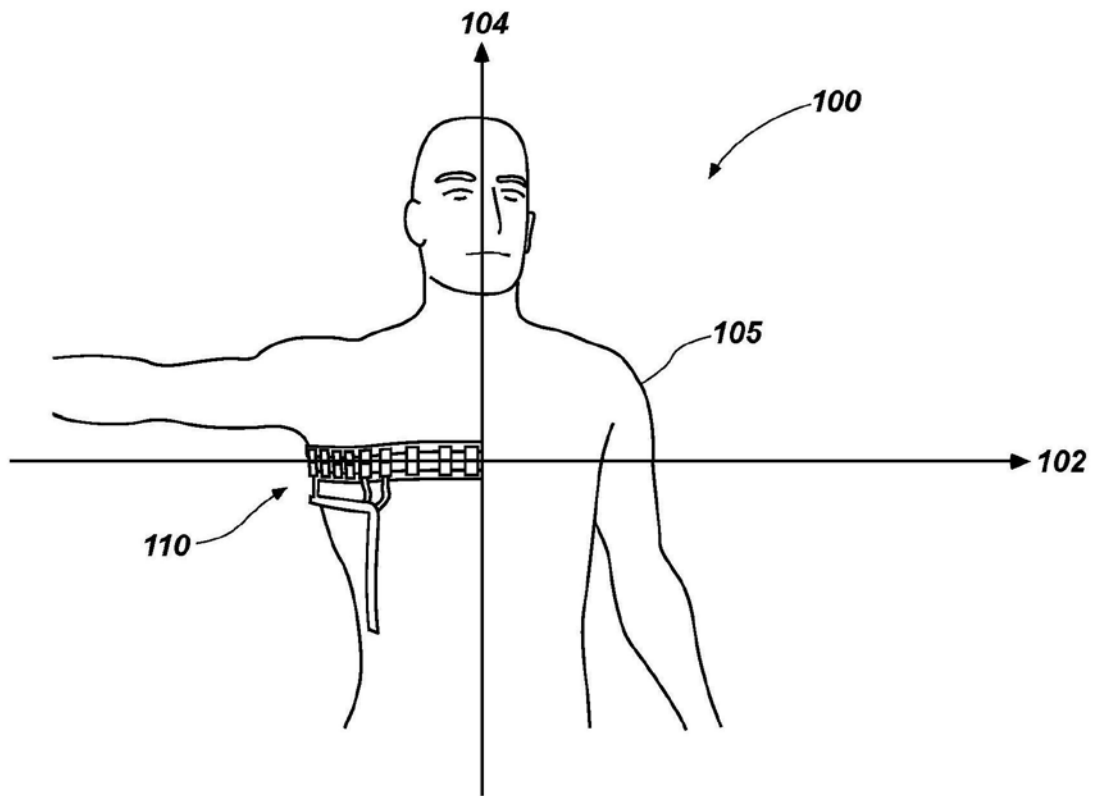


图1

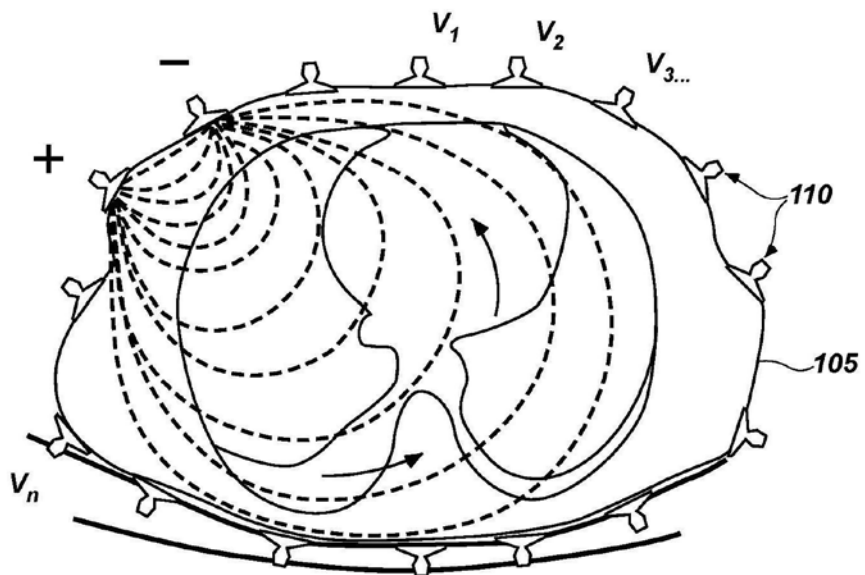


图2

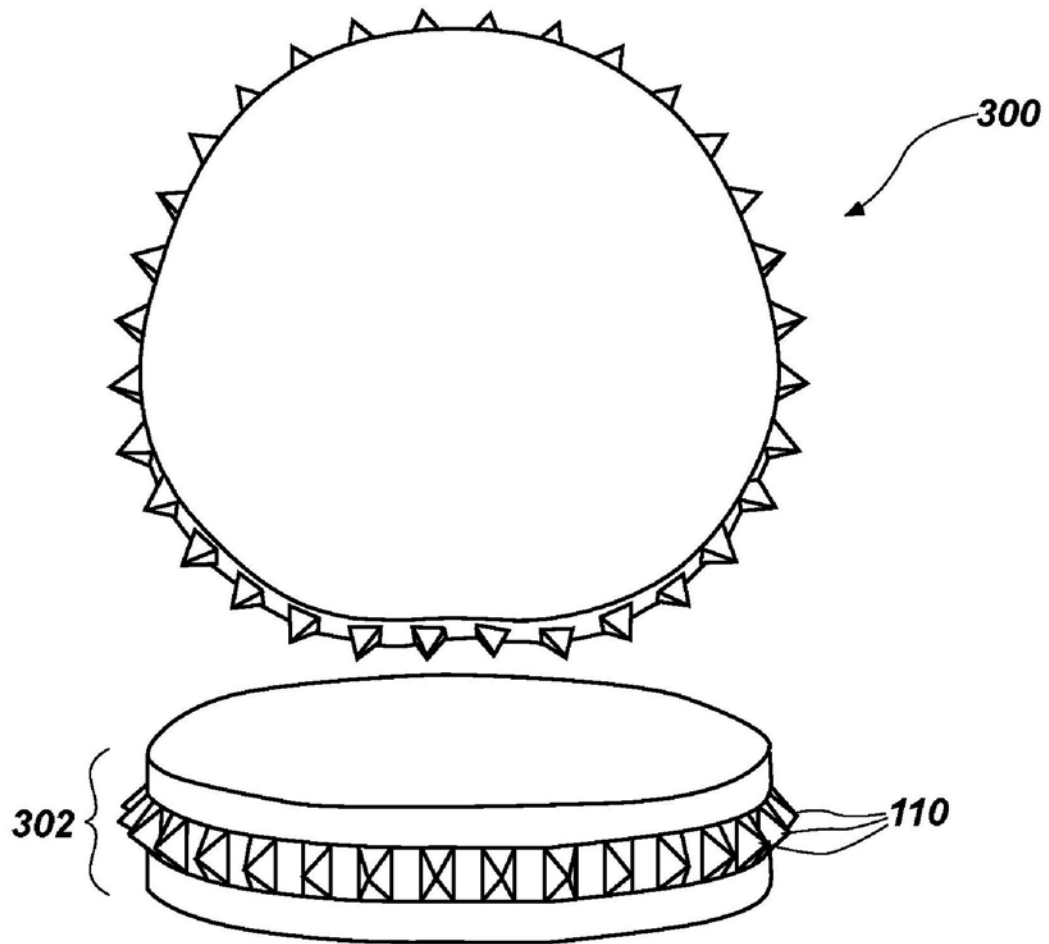


图3

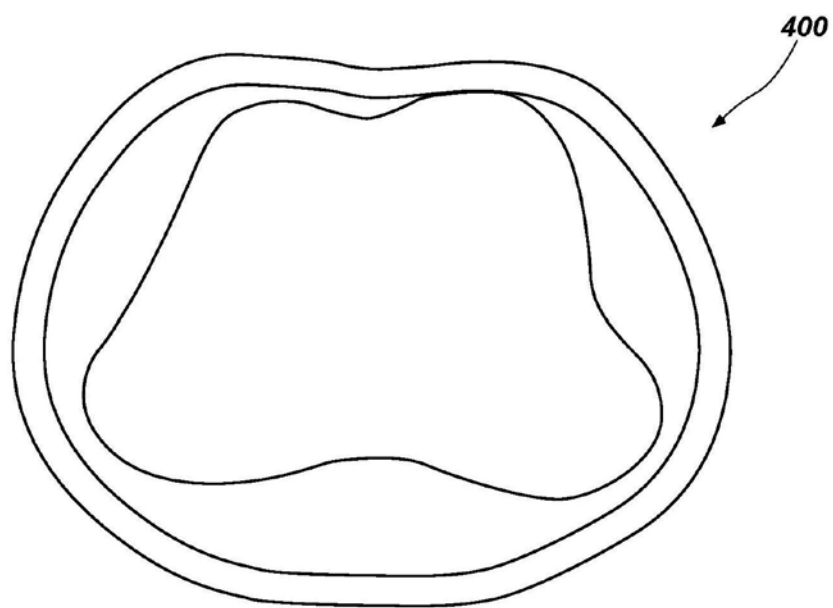


图4

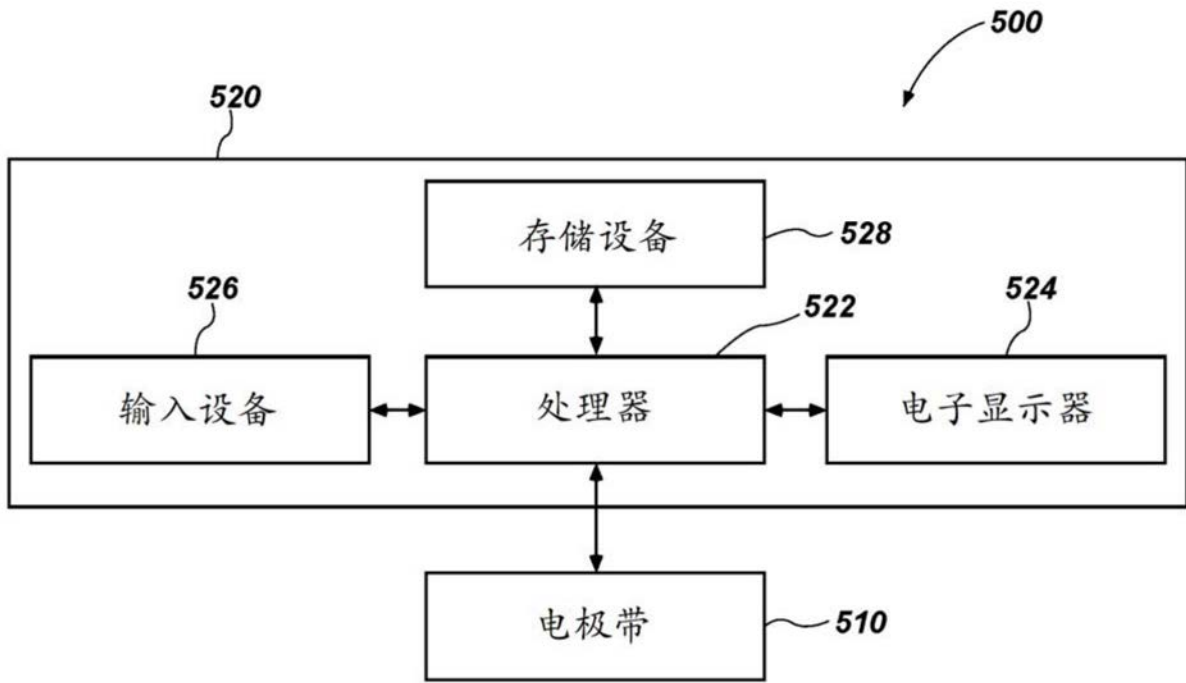


图5

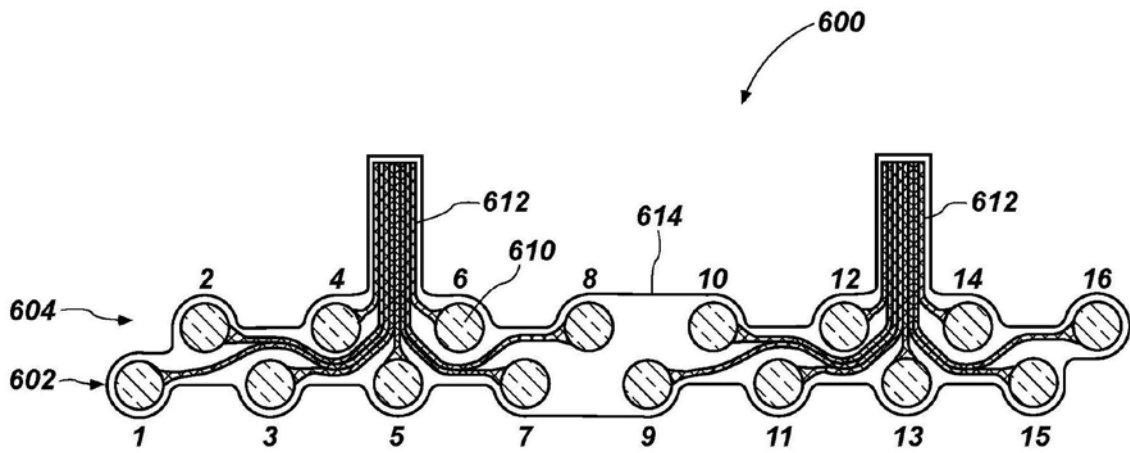


图6

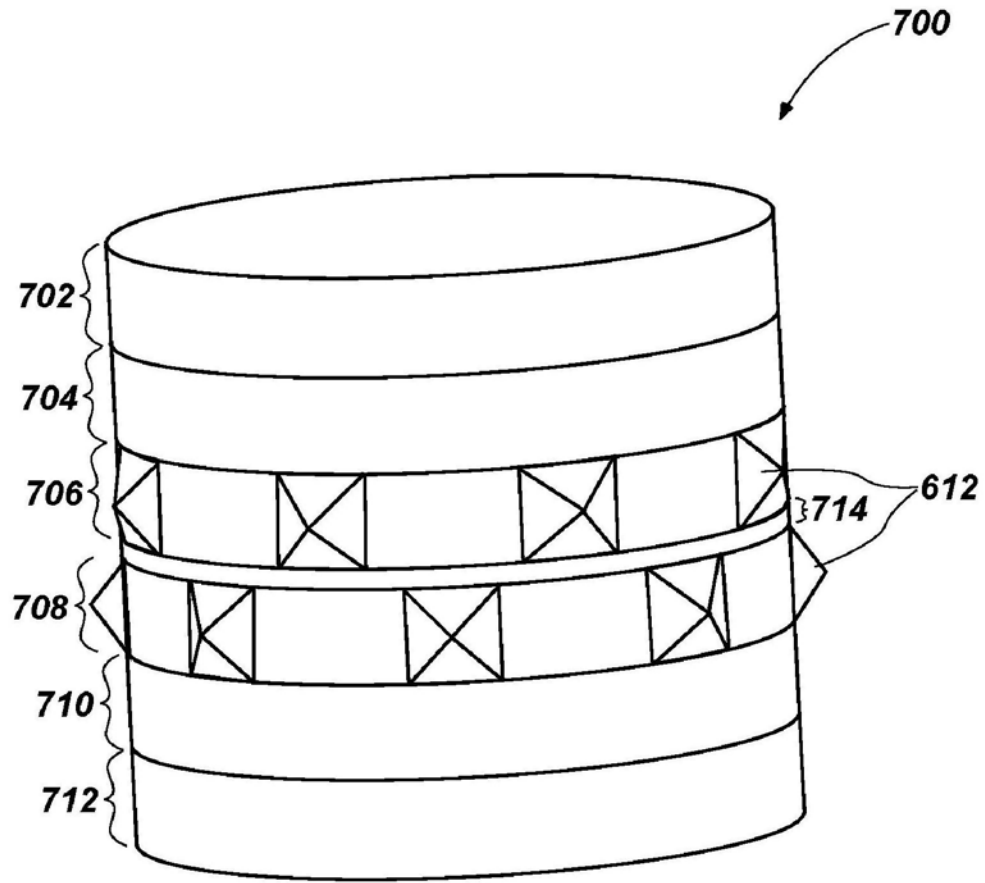


图7

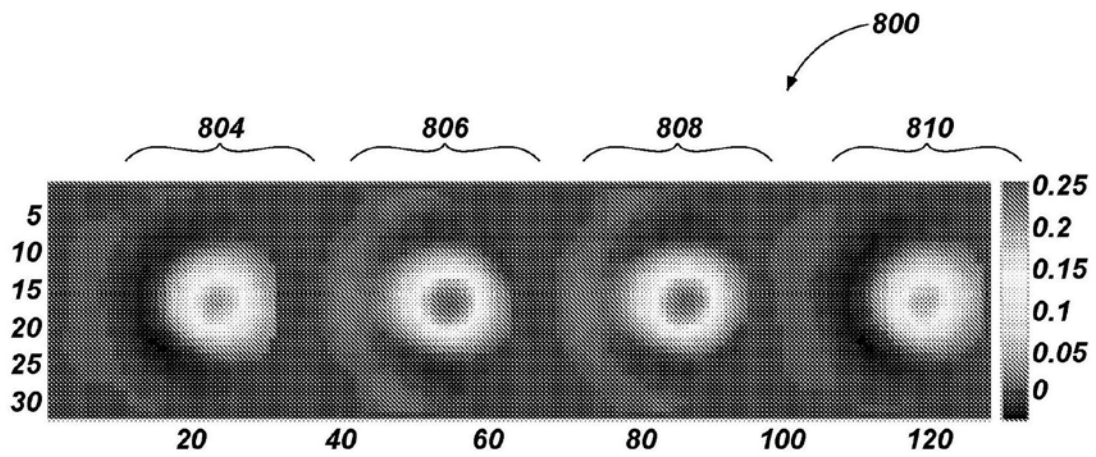


图8

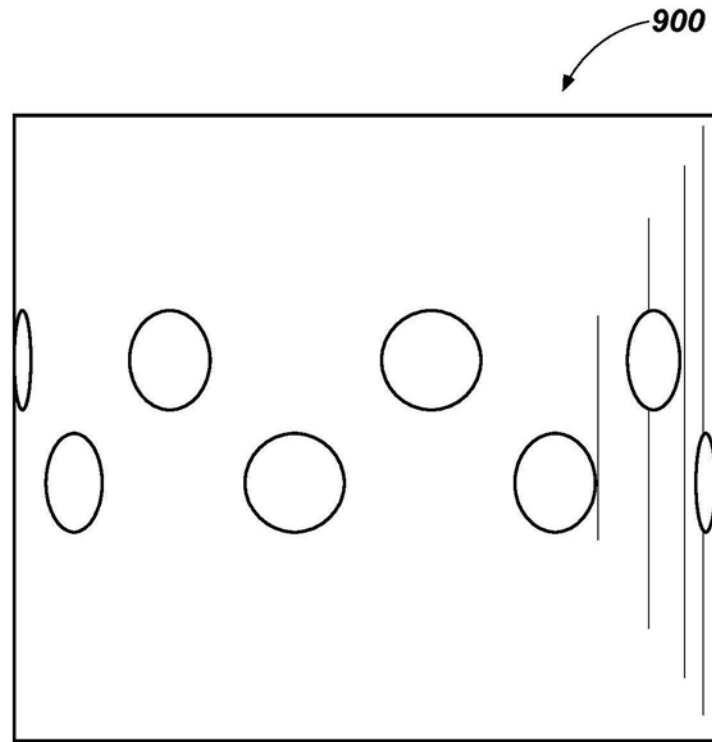


图9

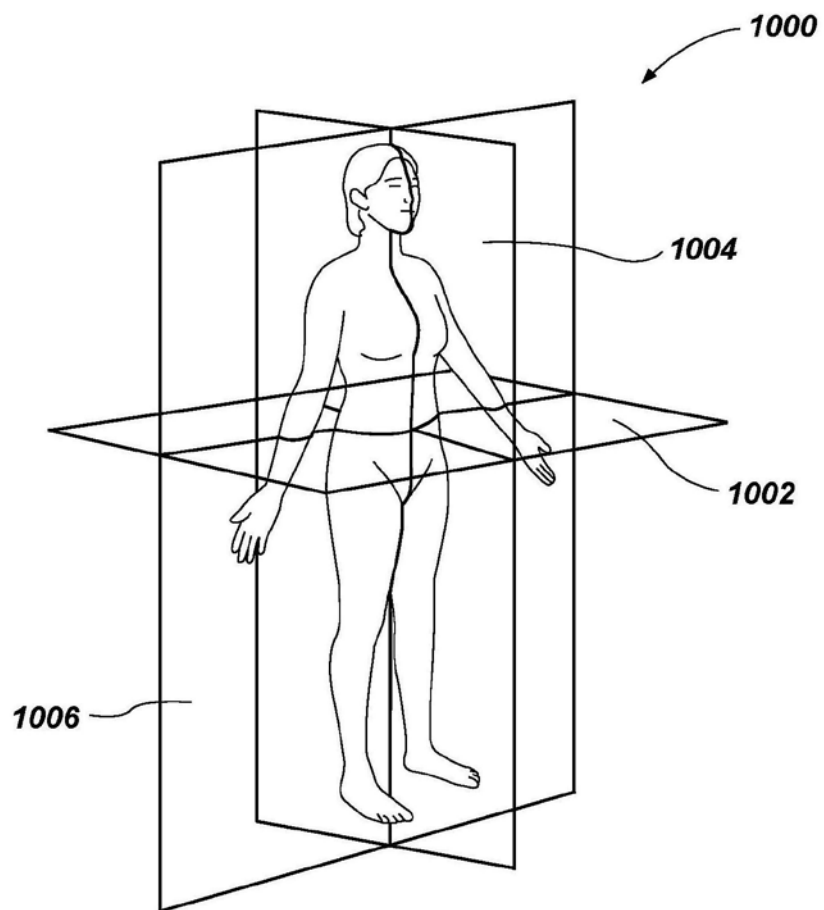


图10

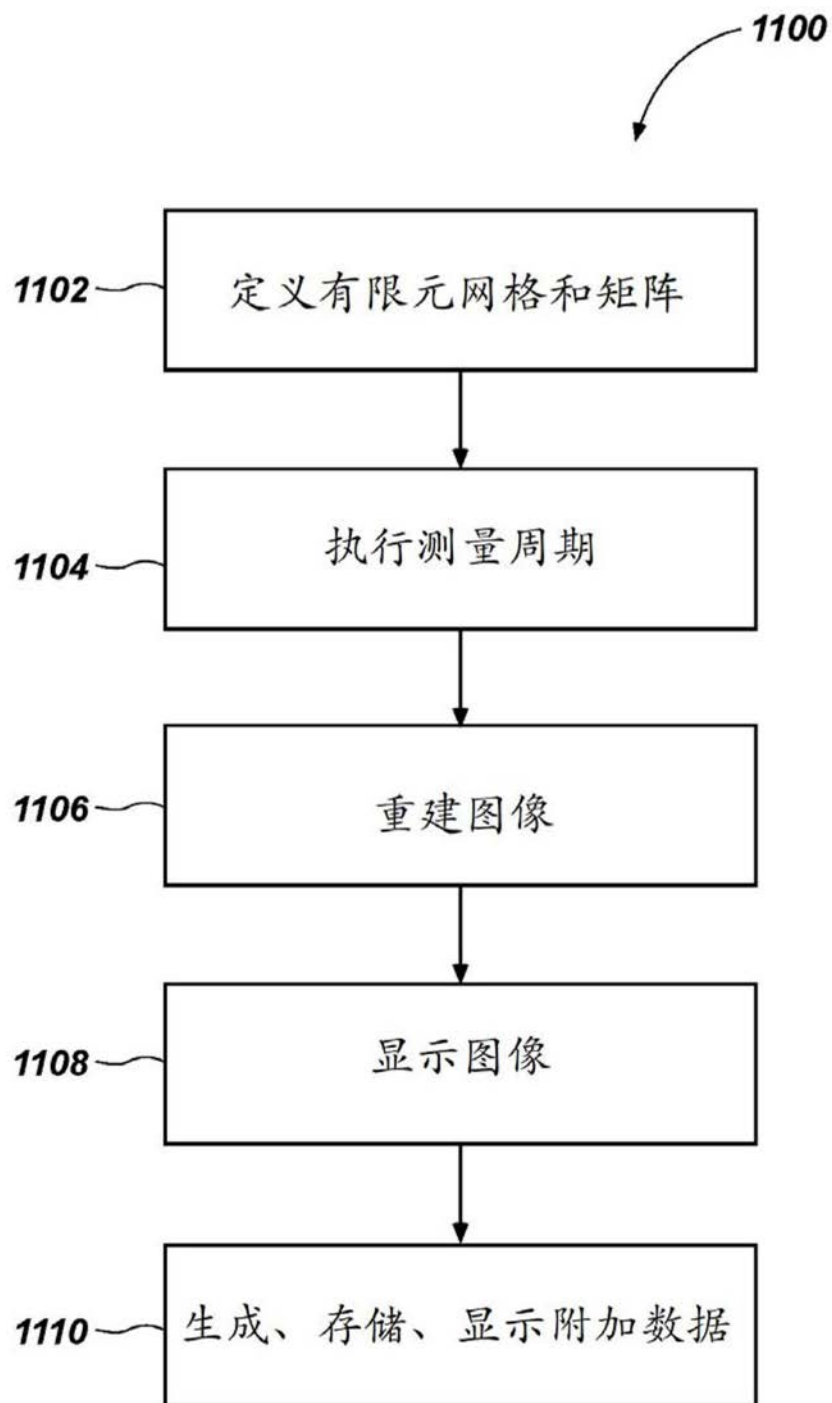


图11

1. 一种电阻抗断层成像系统,其特征在于,包括:

电极带,包括:

第一组电极,在被装配到对象上时所述第一组电极中的每个电极与第一水平面相交;
以及

第二组电极,在被装配到所述对象上时所述第二组电极中的每个电极与不同的第二水平面相交,其中,当所述电极带被装配到所述对象上时所述第一水平面与不同的所述第二水平面纵向地间隔开;以及

数据采集系统,与所述电极带可操作地连接,所述数据采集系统包括:

至少一个处理器或可编程逻辑;和

至少一个非易失性计算机可读存储介质,在其上存储指令,当至少一个处理器或可编程逻辑执行时,使所述电阻抗断层成像系统:

将激励电流注入到所述电极带的所述第一组电极内的第一对电极中;

在将激励电流注入所述第一对电极之后,将激励电流注入到所述电极带的所述第二组电极内的第二对电极中;以及

根据测量到的电压重建图像,所述测量到的电压指示与所述第一和第二水平面之外的至少一个感兴趣区域对应的区域阻抗。

2. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述第一组电极的电极与所述第二组电极的电极在轴向方向上非对齐。

3. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述第一组电极的电极与所述第二组电极的电极在轴向方向上对齐。

4. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述电极带的电极仅排列在所述第一组电极和所述第二组电极中,所述第一组电极和所述第二组电极分别与所述第一水平面和所述第二水平面相交。

5. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,还包括至少一个第三组电极,所述第三组电极中的每个电极在被装配到对象上时与不同的第三水平面相交。

6. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述数据采集系统还包括指令,当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时,使所述电阻抗断层成像系统通过利用位于同一水平面的电极对根据模式注入所述励磁电流。

7. 根据权利要求6所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,位于同一水平面内的每个电极对包括两个不相邻的电极,以及其中在所述两个不相邻的电极之间设置至少一个中间电极。

8. 根据权利要求6所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述数据采集系统还包括指令,当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时,使所述电阻抗断层成像系统在利用位于第二水平面内的电极对之前,通过利用位于第一水平面的电极对根据模式注入所述励磁电流。

9. 根据权利要求1所述的电阻抗断层成像系统,其特征在于,所述数据采集系统还包括指令,当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时,使所述电阻抗断层成像系统通过利用电极对根据模式注入所述激励电流,所述电极对包括一个与第一水平面相交的电极和一个与第二水平面相交的电极。

10. 一种电阻抗断层成像系统, 包括:

数据采集系统, 包括:

至少一个处理器或可编程逻辑; 以及

至少一种非易失性计算机可读存储介质, 在其上存储指令, 当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时, 使所述至少一个处理器或可编程逻辑能够:

从包括多组电极的电极带接收电压测量值, 当电极带被装配到对象上时, 多组电极中每组电极中的每个电极与各组电极相关的水平面相交;

接收由有限元网格定义的多个区域的子集的选择; 以及

根据接收到的电压测量值, 并通过生成的重建矩阵, 对所述有限元网格的选定区域重建图像, 所述区域的子集的每个区域都有各自的重建层。

11. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统, 其特征在于, 所述数据采集系统还包括指令, 当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时, 使所述至少一个处理器或可编程逻辑能够: 对与所述多组电极相交的水平面之外的至少一个感兴趣区域对应的区域重建图像。

12. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统, 其特征在于, 所述数据采集系统还包括指令, 当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时, 使所述至少一个处理器或可编程逻辑能够: 为至少一个非一致的感兴趣区域对应的区域重建图像。

13. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统, 其特征在于, 所述数据采集系统还包括指令, 当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时, 使所述至少一个处理器或可编程逻辑能够: 通过有限元网格重建区域图像。

14. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统, 其特征在于, 所述电极带的所述多组电极包括位于所述多组电极的多个电极层上方的第一电极层, 和位于所述多组电极的多个电极层下方的第二电极层。

15. 根据权利要求10所述的电阻抗断层成像系统, 其特征在于, 所述数据采集系统还包括指令, 当所述指令被所述至少一个处理器或可编程逻辑执行时, 使所述至少一个处理器或可编程逻辑能够: 生成图形用户界面, 所述图形用户界面配置为使操作员能够从存储在所述至少一种非易失性计算机可读存储介质中用于重建图像的有限元网格库中选择有限元网格。

16. 根据权利要求15所述的电阻抗断层成像系统, 其特征在于, 所述图形用户界面还配置为操作员能够从选定的有限元网格中选择特定区域, 用以使用相应的重建矩阵生成和显示对应的重建图像。

17. 根据权利要求15所述的电阻抗断层成像系统, 其特征在于, 所述图形用户界面还配置为操作员能够重定义所述选定的有限元网格的感兴趣区域。

18. 一种操作电阻抗断层成像设备的方法, 其特征在于, 所述方法包括:

将激励电流注入电极带的连续电极对中, 所述电极带包括:

第一组电极, 在被装配到对象上时所述第一组电极中的每个电极与第一水平面相交; 以及

第二组电极, 在被装配到所述对象上时所述第二组电极中的每个电极与不同的第二水平面相交, 其中, 当所述电极带被装配到所述对象上时, 所述第一水平面与不同的所述第二

水平面纵向间隔开;其中,每个连续电极对包括两个不相邻的电极,并且其中至少一个中间电极被设置在所述两个不相邻的电极之间;

利用电极带的电极测量电压响应;以及

根据测量到的电压重建和显示图像,所述测量到的电压指示对应所述第一第二水平面之外的至少一个区域的区域阻抗。

19. 根据权利要求18所述方法,其特征在于,重建所述图像包括将所述测量到的电压应用于重建矩阵,所述重建矩阵从所选定的有限元网格生成,所述有限元网格具有多个定义的层,所述定义的层与所述第一和第二组电极相交的所述第一和第二水平面对应,以及用以与所述第一和第二组电极的电极相交的所述第一和第二水平面之外的至少一个区域。

20. 根据权利要求19所述方法,其特征在于,所述选定的有限元网格的多个定义的层为预先定义并保存在所述电阻抗断层成像设备的存储设备中,以从预置的有限元网格库进行选择。

专利名称(译)	具有多维电极排列的电阻抗断层成像设备和系统		
公开(公告)号	CN111343918A	公开(公告)日	2020-06-26
申请号	CN201880073009.1	申请日	2018-10-01
发明人	拉斐尔·霍扎克 埃尔德·维埃拉·科斯塔		
IPC分类号	A61B5/053 A61B5/00		
代理人(译)	戴燕		
优先权	15/812925 2017-11-14 US		
外部链接	SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种具有多维电极排列的电阻抗断层成像设备和系统，包括用于操作所述设备和系统的方法。重建的图像对应于所述多维电极排列的平面，以及一个或多个图像对应于电极平面之外的区域。这种重建可以通过应用具有多层的有限元网格来实现，所述多层是为不同区域定义的,用以生成图像。

