



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102697497 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 03

(21) 申请号 201110463165. 9

A61B 5/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 12. 22

(30) 优先权数据

12/976656 2010. 12. 22 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 A·S·罗斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 柯广华 朱海煜

(51) Int. Cl.

A61B 5/053 (2006. 01)

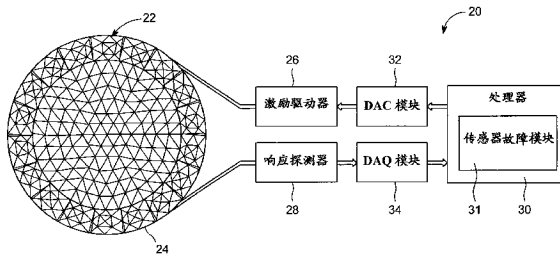
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 8 页

(54) 发明名称

用于校正软场层析成像中故障状况的系统和方法

(57) 摘要

本发明名称为“用于校正软场层析成像中故障状况的系统和方法”。一种软场层析成像系统，包括：多个传感器，其配置成定位在对象的表面。激励驱动器配置成生成针对多个传感器的预先计算的默认激励模式。处理器存储预先计算的默认激励模式以及针对预先计算的激励模式的对应的预计响应。处理器还存储一个或多个预先计算的故障激励模式和针对故障激励模式的对应的预计响应，该对应的预计响应对应多个传感器的一个或多个故障状况。响应测量装置被配置成测量一个或多个传感器处的响应，以便确定故障状况是否存在。如果故障状况存在，则处理器将进行以下至少一个：向激励驱动器发送指令以便生成预先计算的故障激励模式，或者使用对应故障状况的预计响应，用于软场层析成像过程。



1. 一种软场层析成像系统,包括:

多个传感器,其配置成定位在对象的表面,其中所述多个传感器对应多个通道;

激励驱动器,其与所述多个通道耦合并且配置成生成针对所述多个传感器的预先计算的默认激励模式;

电耦合至所述激励驱动器的处理器,所述处理器存储所述预先计算的默认激励模式以及针对所述预先计算的激励模式的对应的预计响应,所述处理器还存储至少一个预先计算的故障激励模式和针对所述故障激励模式的对应的预计响应,针对所述故障激励模式的所述对应的预计响应对应所述多个传感器的一个或多个故障状况;以及

响应测量装置,其配置成测量一个或多个所述传感器处的响应,以便确定故障状况是否存在,其中如果故障状况存在,则所述处理器将进行以下至少一个:向所述激励驱动器发送指令以便生成至少一个所述预先计算的故障激励模式,或者使用对应一个或多个故障状况的所述预计响应,用于软场层析成像过程。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中基于传感器数量、所述传感器的相对位置、或所述对象的所述表面的几何结构中的至少一个来计算所述预先计算的默认激励模式或所述对应的预计响应中的至少一个。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述传感器是电极,并且针对其中至少一个所述电极存在预定阈值之上的电极接触阻抗的故障状况,计算所述预先计算的故障激励模式和针对所述故障激励模式的所述对应的预计响应。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中,针对其中至少一个所述传感器从所述激励驱动器脱离的故障状况,计算所述预先计算的故障激励模式和所述对应的预计响应。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,针对其中至少一个所述传感器从所述对象的所述表面去耦合的故障状况,计算所述预先计算的故障激励模式和所述对应的预计响应。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中,基于所述传感器的位置来确定所述预先计算的故障激励模式和针对所述故障激励模式的所述对应的预计响应,其中所述处理器对所述预先计算的故障激励模式和所述对应的预计响应中的至少一个进行变换,以匹配所述故障状况。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述处理器通过数学变换、坐标变换、线性变换、非线性变换、或几何变换中的至少一个来对所述预先计算的故障激励模式和所述对应的预计响应中的至少一个进行变换。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中,在所述预先计算的默认激励模式中操作的传感器的电流总和等于零,并且在预先计算的故障激励模式中操作的传感器的电流总和为零。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述处理器在软场层析成像过程期间选择预先计算的故障激励模式。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中,基于在所述多个传感器的全部或子集上激励非零总和的探测,确定故障状况存在。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个传感器处的所述响应包括振幅、相位或频率中的至少一个匹配或超过预定值。

12. 一种用于校正软场层析成像系统中故障状况的方法,所述方法包括:

针对布置在对象的表面处的多个传感器,预先计算默认激励模式和对应的预计响应;

预先计算至少一个故障激励模式和针对所述故障激励模式的对应的预计响应,针对所述故障激励模式的所述对应的预计响应对应所述多个传感器中的一个或多个故障状况;

将所述默认激励模式应用到所述对象;

测量所述多个传感器的一个或多个处的响应以确定故障状况是否存在;以及

如果故障状况存在,则进行以下至少一个:选择至少一个故障激励模式,或使用对应于一个或多个故障状况的所述对应的预计响应。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,还包括基于传感器数量、传感器的相对位置、或所述对象的几何结构中的至少一个来计算所述默认激励模式和所述对应的预计响应。

14. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,所述传感器是电极,所述方法还包括针对其中至少一个所述电极存在预定阈值之上的电极接触阻抗的故障状况,计算所述故障激励模式和所述对应的预计响应。

15. 根据权利要求 12 所述的方法,还包括针对其中至少一个所述传感器发生从系统硬件上脱离或者从所述对象的所述表面上去耦合中至少一个的故障状况,计算所述故障激励模式和所述对应的预计响应。

16. 根据权利要求 12 所述的方法,还包括:

基于所述传感器的位置计算所述故障激励模式和所述对应的响应;以及

将所述故障激励模式和所述对应的响应进行变换以匹配所述故障状况。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,还包括通过数学变换、坐标变换、线性变换、非线性变换、或几何变换中的至少一个来对所述故障激励模式和所述对应的预计响应进行变换。

18. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,所述多个传感器处的所述响应包括振幅、相位或频率中的至少一个匹配或超过预定值。

19. 一种具有传感器故障模块的、用于校正软场层析成像系统中的故障状况的处理器,所述传感器故障模块配置成:

针对布置在对象的表面处的多个传感器,预先计算默认激励模式和对应的预计响应;

预先计算至少一个故障激励模式和针对所述故障激励模式的对应的预计响应,针对所述故障激励模式的所述对应的预计响应对应所述多个传感器中的一个或多个故障状况;

将所述默认激励模式应用到所述对象;

测量所述多个传感器的一个或多个处的响应以确定故障状况是否存在;以及

如果故障状况存在,则进行以下至少一个:选择至少一个故障激励模式,或使用对应于所述故障状况的所述对应的预计响应。

20. 根据权利要求 19 所述的处理器,其中,所述传感器故障模块还配置成基于传感器数量、所述传感器的相对位置、或所述对象的所述表面的几何结构中的至少一个来计算所述激励模式和所述对应的预计响应中的至少一个。

21. 根据权利要求 19 所述的处理器,其中,所述传感器是电极,并且所述传感器故障模块还配置成针对其中至少一个所述电极存在预定阈值之上的电极接触阻抗的故障状况,计算所述故障激励模式和所述对应的预计响应中的至少一个。

22. 根据权利要求 19 所述的处理器,其中,所述传感器故障模块还配置成:针对其中所述传感器中的至少一个发生从系统硬件脱离或从所述对象的所述表面上去耦合中至少一个的故障状况,计算所述故障激励模式和所述对应的预计响应。

23. 根据权利要求 19 所述的处理器,其中,所述传感器故障模块还配置成:
基于所述传感器的位置计算所述故障激励模式和所述对应的预计响应;以及
对所述故障激励模式和所述对应的预计响应进行变换以匹配所述故障状况。

24. 根据权利要求 23 所述的处理器,其中,所述传感器故障模块还配置成通过数学变换、坐标变换、线性变换、非线性变换、或几何变换中的至少一个来对所述故障激励模式和所述对应的预计响应进行变换。

25. 根据权利要求 19 所述的处理器,其中,所述多个传感器处的所述响应包括振幅、相位或频率中的至少一个匹配或超过预定值。

用于校正软场层析成像中故障状况的系统和方法

技术领域

[0001] 本文公开的主题通常涉及数据重建系统和方法,以及更具体地,涉及用于校正软场层析成像中故障状况的系统和方法。

背景技术

[0002] 软场层析成像,诸如电阻抗光谱 (EIS) (也称为电阻抗层析成像 (EIT))、漫射光层析成像、以及相关模态可用于测量对象的内部特性,诸如对象内部结构(如,人体区域)的材料电特性。例如,在EIS/EIT系统中,通过测量对象的内部的电特性分布来确定对象特性。这种EIS/EIT系统基于在体积表面处获取的电流和电压数据来估计体积内材料的传导率和电容率。然后可以重建估计的可视化分布。

[0003] 在软场层析成像方法中,将可被优化和/或控制的激励应用于具有高信噪比的高质量数据集的生成。典型地激励是预先计算的,并被应用于与对象表面耦合的传感器的配置,以及高度地依赖于传感器配置。但是,在操作期间,一个或多个传感器可能变成不可操作。例如,一个或多个传感器可能经受高接触阻和/或变为脱离。因此,激励模式不再适于传感器配置。这将对系统的鲁棒性产生消极影响,并且在用户介入以恢复不起作用或表现不佳的传感器之前造成数据丢失。

发明内容

[0004] 根据一实施例,提供一种软场层析成像系统。该系统包括多个传感器,它们配置成定位在对象的表面。多个传感器对应多个通道。激励驱动器与多个通道耦合并且配置成生成针对多个传感器的预先计算的默认激励模式。处理器与激励驱动器电耦合。处理器存储预先计算的默认激励模式以及针对预先计算的激励模式的对应的预计响应。处理器还存储预先计算的故障激励模式以及针对故障激励模式的对应的预计响应(对应多个传感器的一个或多个故障状况)。响应测量装置配置成测量在一个或多个传感器处的响应以便确定故障状况是否存在。如果故障状况存在,处理器将进行以下至少一个:向激励驱动器发出指令来生成预先计算的故障激励模式或使用对应故障状况的预计响应,用于软场层析成像处理。

[0005] 根据另一实施例,提供一种用于校正软场层析成像系统中的故障状况的方法。该方法包括为布置在对象表面上的多个传感器预先计算默认激励模式以及对应预计响应。故障激励模式和针对故障激励模式的对应预计响应(其对应多个传感器中的故障状况)被预先计算。将默认的激励模式应用于对象。在多个传感器中的一个或多个处测量响应以确定故障状况是否存在。如果故障状况存在,选择至少一个故障激励模式,或使用对应于故障状况的对应预计响应。

[0006] 根据另一实施例,提供一种具有传感器故障模块的、用于校正软场层析成像系统中的故障状况的处理器。传感器故障模块配置成为布置在对象表面上的多个传感器预先计算默认的激励模式以及对应预计响应。故障激励模式和针对故障激励模式的对应预计响应

(对多个传感器中的故障状况)被预先计算。将默认激励模式应用于对象。在多个传感器中的一个或多个处测量响应以确定故障状况是否存在。如果故障状况存在,则选择至少一个故障激励模式或使用对应故障状况的对应预计响应。

附图说明

[0007] 当前公开主题将通过参照附图阅读下面的非限制性实施例的描述得到更好的理解,在下文的附图中:

[0008] 图 1 是示出根据多种实施例形成的软场层析成像系统的简化示意框图。

[0009] 图 2 是示出根据多种实施例的激励配置的简化图。

[0010] 图 3 是示出根据多种实施例形成的软场层析成像系统内的数据流的简化图。

[0011] 图 4 示出根据具有故障状况的多种实施例的传感器配置。

[0012] 图 5 示出根据多种实施例的方法,其用于在默认状况或故障状况期间操作软场层析成像系统。

[0013] 图 6 示出了展示多个故障状况以及对应的故障激励模式和预计响应的图表。

[0014] 图 7 示出根据另一实施例的方法,其用于在默认状况或故障状况期间操作软场层析成像系统。

[0015] 图 8 示出根据具有故障状况的另一实施例的传感器配置。

具体实施方式

[0016] 当结合附图阅读时,上述概要,以及下面某些实施例的详细描述将得到更好的理解。在一定程度上,附图示出多种实施例的功能块图,功能块并不必然指示硬件电路之间的划分。因此,例如,一个或多个功能块(例如,处理器、控制器、电路或存储器)可以在单片硬件或多片硬件中实现。应该理解的是,多种实施例并不局限于附图中所示的布置和手段。

[0017] 如本文所使用的、以单数形式引述且跟随不定冠词“一”的元件或步骤应当被理解为不排除多个所述元件或步骤,除非明确说明了这种排除。此外,对“一个实施例”的引用无意于解释为排除同样结合了引用特征的额外实施例的存在。此外,除非另加相反的明确说明,否则,“包括”或“具有”带特定性质的元件或多个元件的实施例可包括没有那种性质的附加元件。

[0018] 多种实施例提供一种用于软场层析成像的系统和方法,其使用例如电阻抗光谱(EIS)系统,也称为电阻抗层析成像(EIT)系统。通常而言,提供一种EIS系统,其为给定的传感器配置预先计算或预先估计默认激励模式以及对该激励模式的对应预计响应。EIS系统还为在EIS系统操作期间可能发生的多个故障状况存储预先计算的故障激励模式和对该故障激励模式的对应预计响应。例如,故障状况可包括在一个或多个传感器处的高接触阻抗/或一个或多个传感器的脱离。多种实施例中的EIS系统在系统操作期间实时探测故障状况。如果存在故障状况,EIS系统选择故障激励模式以及对应故障状况的对应的预计响应,并且使用故障激励模式和对应的预计响应继续执行软场层析成像测量。如果故障状况改变或者其自身校正,EIS系统将选择新的故障激励模式以及对应的预计响应,和/或回复到默认激励模式以及对应的预计响应。

[0019] 图 1 中示出软场层析成像系统 20 的一个实施例。例如,软场层析成像系统 20 可以

是电阻抗光谱 (EIS) 系统,也称为电阻抗层析成像 (EIT) 系统,其用于确定图 2 所示意的对象 22 内的材料的电特性。例如,可以确定对象 22 或其它体积内的电导率 (σ) 和 / 或电容率 (ϵ) 的空间分布。因此,可以确定对象 22 (如,患者) 的内部特性。在示出的实施例中,系统 20 包括多个传感器,在本实施例 (中是定位在对象 22 的外围的传感器 24。在健康护理应用中 (如,患者监视或组织表征),多个传感器 24 可附着到患者或对象的皮肤。例如,传感器 24 可以定位在对象 22 (如,电极、热源、超声传感器) 的表面上,靠近对象 22 (如,射频天线) 的表面,或穿透对象 22 (如,针电极) 的表面。因此,传感器 24 可具有不同的形式,诸如表面接触电极,带支架的电极,电容耦合的电极,传导线圈和天线,以及其它。

[0020] 应该注意的是,软场层析成像系统 20 可以是其它类型的系统。例如,软场层析成像系统 20 可以是漫射光层析成像 (DOT) 系统,近红外光谱 (NIRS) 系统,热成像系统,弹性成像系统或微波层析成像系统,以及其它。还应该注意的是,本文使用的“软场层析成像”通常涉及不是“硬场层析成像”的任何层析成像方法或层析成像方法的多维延伸。

[0021] 激励驱动器 26 和响应探测器 28 与一个或多个传感器 24 耦合,并且每个都连接至处理器 30 (如,计算装置),其可能在其间包括其它部件。在一个实施例中,激励驱动器 26 和响应探测器 28 是在物理上分离的装置。在其他实施例中,激励驱动器 26 和响应探测器 28 在物理上集成为一个模块。应该注意的是,激励驱动器 26 可以提供成与至少一个传感器 24 连接。处理器 30 通过数模转换器 (DAC) 模块 32 发送指令给激励驱动器 26 并且通过数据采集元件 (DAQ) 模块 34 从响应探测器 28 中接收数据。

[0022] 还应该注意的是,可以使用不同类型的激励来获取特性分布数据,以用于多种实施例中的重建过程。例如,电的、磁的、光的、热的和超声激励以及其它,可以与多种实施例组合使用。在这些不同的实施例中,传感器 24 可以用不同方式与对象 22 耦合,并且不一定直接接触对象 22 或只接触对象 22 的表面 (如,电耦合、电容耦合、电流耦合等)。

[0023] 在一个实施例中,对象 22 是人体区域,诸如头、胸或腿,其中空气、血液、脂肪、肌肉以及其它组织具有不同的电导率。由软场层析成像系统 20 生成的电阻抗分布示出人体区域的内部特性 (如,材料特性) 的状况,并由此可以帮助诊断疾病 (例如,与出血、肿瘤、肺功能以及其它相关的疾病)。在其它实施例中,软场层析成像系统 20 在多种其它应用中可以用于生成电阻抗分布的可视表示,诸如用于确定含有油和水的混合流中的材料特性,或者用于矿产勘探的的土壤分析,以及其它。

[0024] 在多种实施例中,传感器 24 由任何合适用于建立激励 (如, EIS 兼容电流) 的材料形成。例如,传感器 24 可以由一种或多种金属形成,诸如铜、金、铂、钢、银、以及其合金。用于形成传感器 24 的其它示例性材料包括具有电传导性的非金属,诸如与微电路组合使用的基于硅的材料。在一个实施例中,其中对象 22 是人体区域,传感器 24 由氯化银形成。另外,传感器 24 可以用不同的形状和 / 或尺寸形成,例如杆状、平板状或针状结构。应该注意的是,在一些实施例中,传感器 24 彼此绝缘。在其它实施例中,传感器 24 可以定位成与对象 22 直接欧姆接触,或者与对象 22 电容耦合。

[0025] 在操作中,传感器 24 可用于输送连续或调制的电流,这样激励模式在整个时间频率范围 (如,1kHz 至 1MHz) 都可应用于对象 22 的表面,以便在对象 22 内生成诸如电磁 (EM) 场的场。对由此生成的表面电势 (即传感器 24 上的电压) 进行测量,以便使用任何合适的 EIS 或 EIT 重建和 / 或分析方法来确定电导率或电容率分布。例如,可基于传感器 24 的几

何结构、预计电压、所施加的电流以及所测量的电压的一个或多个来重建可视分布。

[0026] 因此,在多种实施例中,激励驱动器 26 对每个传感器 24 施加激励。应该注意的是,可以提供任何类型的激励,例如电流、电压、磁场、射频波、热场、光信号、机械变形和超声信号,以及其它。在示例性实施例中,激励驱动器 26 对每个传感器 24 施加直流电流或交流电流。激励驱动器 26 基于存储在处理器 30 中的激励模式来施加电流到传感器。处理器 30 包括传感器故障模块 31,其在所确定的传感器故障状况期间生成激励模式。在所示出的用于获取人体区域测量值的实施例中,施加给传感器 24 的电流足以生成人体区域针对所施加电流的可测量的响应。在另一实施例中,激励驱动器 26 可包括至少一个电压源,用于向每个传感器 24 施加电压。

[0027] 在一些实施例中,响应探测器 28 响应施加在传感器 24 上的激励以及对象 22 内由此产生的 EM 场或 EM 场变化,在每个传感器 24(其可以由多路复用器来多路复用)上测量响应 V_m 。在一个实施例中,响应探测器 28 包括电压测量模块或电流测量模块,以便响应由激励驱动器 26 施加的电流或电压来测量传感器 24 上的响应电压或响应电流。响应探测器 28 还可包括多通道模拟信号调节电路(未示出),其对所测量的响应电压或电流进行放大和/或滤波。在其它实施例中,处理器 30 包括信号调节电路,用于对从响应探测器 28 中接收的响应电压或响应电流进行放大和/信滤波。

[0028] 响应探测器 28 可以实时地将所测量的数据传送到处理器 30。因此,在一些实施例中,响应探测器 28 通过 DAQ 34 将响应电压或电流发送至处理器 30,除了用于处理数据的时间期间外没有可察觉的延迟。在其它实施例中,响应探测器 28 在确定的时间间隔与处理器 30 通信以传送所采集的数据。

[0029] 应该注意的是,可以使用用于生成对象 22 内部结构的特性分布的、任何适合的软场层析成像方法,诸如可以由处理器 30 限定对象 22 几何结构,并且将几何结构离散成具有多个节点和元件的结构。因此,在图 2 所示出的示例中,激励驱动器 26 通过在每个传感器 24 上施加负载电流 40 而将激励模式应用于几何结构上。所示出的响应探测器 28 具有多个电压测量装置,诸如电压计 42,用于测量传感器 24 在对象 22 表面的电压。应该注意的是,简化了激励模式和所测量的响应以用于图示,并且激励和传导率分布可以更为复杂。另外,又提供示出的值以简化和便于理解。

[0030] 处理器 30 由此计算几何结构针对所施加激励的响应。例如,如图 3 所示,软场层析成像系统 20 基于默认激励使用向前模块 50 以预计提供给重建模块 52 的响应(预计的响应)。将默认激励经由包括传感器 24 以及其它测量部件的软场层析成像硬件 54 应用于对象 22(在图 1 和 2 示出),其中多个所测量的响应(一个所测量的响应)也提供给重建模块 52。使用一种或多种适合的软场层析成像重建方法,以及如在此所述的,然后生成对象 22 的电特性(传导率和/或电容率)的空间分布。例如,牛顿单步误差重建器(NOSER)或迭代解算器(高斯-牛顿迭代方法)可以如下方式来使用,即通过对响应向前建模并在所测量的响应和预计的响应上使用误差项以收敛到解。

[0031] 图 4 是示出具有故障状况的传感器配置 23 的图。传感器 24 可在对象 22 的表面上围绕对称体 60 的轴定位。在图 4 所示意的示例中,传感器定位在围绕对象 22 的圆圈中。应该注意的是,在多种其它实施例中,对称体 60 的维度可以是任何合适的对称体的维度,例如,柱体、球体等。图 4 的传感器配置 23 包括标号 A_1 至 A_{16} 的十六个传感器 24。传感器

24 布置在位置 B_1 至 B_{16} 中。在示例性实施例中, 传感器 A_1 布置在位置 B_1 处, 等等。响应探测器 28 在每个传感器 24 处测量响应。

[0032] 图 4 示意了传感器配置 23 中的故障状况。在所示出的实施例中, 在传感器 A_1 处存在故障状况。在示例性实施例中 (传感器是表面接触电极), 故障状况可以是在电极 A_1 处的不可接受的高电极接触阻抗 (如, 预定阈值之上的电极接触阻抗), 电极 A_1 的脱离, 或致使电极的使用不理想或不可能的其它特性。在一个实施例中, 当故障状况存在时, 通过传感器 A_1 至 A_{16} 的电流总和不等于 0。因此, 默认激励模式不再适于确定对象 22 内的电分布。具体地, 故障状况可影响系统鲁棒性以及在使用者介入以校正故障状况之前造成数据丢失。应该注意的是, 尽管图 4 示意了在传感器 A_1 处的单个故障状况, 但故障状况可在任一传感器 24 和 / 或多个传感器 24 处存在。

[0033] 图 5 示出一种用于在故障状况 (例如如图 4 所示的故障状况) 期间操作软场层析成像系统 20 的方法 70。在 74, 处理器 30 或处理器 30 的传感器故障模块 31 之一预先计算默认激励模式、故障激励模式以及针对一个或多个故障状况的对应的预计响应。在一个实施例中, 默认激励模式、故障激励模式以及对应的预计响应都是先验信息。默认激励模式和对应的预计响应基于默认状况, 其中不存在故障状况。默认激励模式和对应的预计响应基于如下假定计算出来, 该假定可包括多个传感器 24、传感器 24 的相对位置、和 / 或对象 22 表面的几何结构中的至少一个。应该注意的是, 这些默认激励模式和对应的预计响应可以是存储在软场层析成像系统 20 内的预定设置 (如, 出厂设置)。

[0034] 计算故障激励模式用于故障状况, 该故障状况包括但并不局限于不可接受的高传感器接触阻抗和 / 或一个或多个传感器 24 的脱离。例如, 再参照图 4, 可以针对故障状况预先计算故障激励模式, 在故障状况中, 在传感器 A_1 处经受不可接受的高传感器接触阻抗和 / 或脱离。处理器 30 针对一个或多个状况预先计算一个或多个故障激励模式, 并且存储故障激励模式。在 75, 传感器故障模块 31 针对默认激励模式, 针对每个故障激励模式, 以及针对每个对应的传感器配置预先计算预计响应。

[0035] 图 6 示出如下图表 80, 其代表多个激励模式以及针对对应的默认或故障状况的对应的预计响应。列 82 示出针对传感器配置的故障状况。例如, 默认状况可在 83 处存在, 针对默认传感器配置 W 和对应的默认预计响应 W' , 故障状况可在 84 处存在, 针对传感器 A_1 处的故障状况, 在 86 处针对在传感器 A_1 和 A_2 处的故障状况, 在 88 处针对在传感器 A_1 和 A_3 处的故障状况, 在 89 处针对在传感器 A_1 和 A_4 处的故障状况, 或在 90 处针对在传感器 A_1 和 A_5 处的故障状况。应该注意的是, 故障状况 84、86、88、89 以及 90 只是示例性的, 在多种实施例中, 可以针对故障状况来预先计算故障激励模式和对应的预计响应, 该故障状况包括任一和 / 或所有传感器, 或者其组合。列 92 示出针对每个默认状况或故障状况的预先计算的激励模式, 以及列 94 示出针对列 92 中示意的默认激励模式或故障激励模式的预计响应。例如, 如果故障状况 84 存在, 将利用故障激励模式 X 来校正故障状况。在所示的实施例中, 故障激励模式 X 具有预计响应 X^1 。故障激励模式和对应的预计响应存储在处理器中, 以便在故障状况存在时使用。

[0036] 再参照图 5, 在 72 处, 处理器 30 或处理器 30 的传感器故障模块 31 的一个或多个选择激励模式。在 77 处, 处理器可初始应用某一激励模式。例如, 处理器 30 初始应用默认激励模式。在 100 处, 响应探测器 28 测量一个或多个传感器 24 处的响应。例如, 响应探

测器 28 可以测量一个或多个传感器 24 的振幅、相位、频率和 / 或电压。在 102 处, 处理器 30 确定已经应用的激励模式是否与传感器的配置相匹配。例如, 多个传感器 24 处的响应可包括振幅、相位、频率或电压匹配或超过预定值。如果软场层析成像系统在没有故障状况 (即, 故障状况不存在) 104 的情况下操作, 则在 106 处, 使用在 111 处选择的对应的预计响应来继续操作软场层析成像系统。例如, 默认激励可以继续使用并且在 111 处选择对应的预计响应, 由此可部分基于预先计算的默认激励模式和在 74 和 75 处计算的预先计算的预计响应来确定特性分布。

[0037] 如果探测到故障状况, 则处理器 30 在 108 处确定故障状况确实存在。如果故障状况存在, 则在 110 处处理器 30 选择对应故障状况的故障激励模式。之后在 77 处应用故障激励模式。在一个实施例中, 处理器 30 可在 111 处选择对应地在 110 处选择的故障激励模式的预计响应。例如, 处理器 30 可基于存储在图 6 所示的图表中的故障激励模式和预计响应来选择故障激励模式和预计响应。处理器 30 选择故障激励模式以接近或匹配具有故障状况的传感器的配置。在 106 处, 处理器 30 使用对应的故障激励模式和对应的预计响应来继续软场层析成像过程。在所示的实施例中, 软场层析成像系统 20 在软场层析成像过程期间实时选择故障激励模式和对应的预计响应。因此, 软场层析成像系统 20 不必关闭和 / 或软场层析成像过程不必中断以校正故障状况。因此, 软场层析成像系统在故障状况下进行操作。例如, 使用故障激励模式以及使用对应的预计响应, 这样部分基于预先计算的故障激励和对应的预先计算的预计响应来确定电分布。

[0038] 通过独立的传感器测试, 在其它实施例中在 102 处也可以完成传感器失效的探测, 诸如与在用于脱引线 (leads-off) 探测的心电图描计 (ECG) 和用于电极阻抗测量的脑电图描计 (EEG) 中使用的测试类似的测试。如果在操作期间校正故障状况, 处理器 30 可以选择对应剩余的故障状况的预计响应以及新的故障激励模式。如果在操作期间校正所有故障状况, 处理器可以回复到预先计算的默认激励模式以及针对默认传感器配置的对应的预计响应。处理器可以实时动态地选择新的激励模式和预计响应, 以使得软场层析成像系统 20 不必关闭或者软场层析成像过程不必中断以校正故障状况和 / 或故障状况中的改变。

[0039] 图 7 示出根据另一实施例的方法 120, 其用于在故障状况期间操作软场层析成像系统 20。在该实施例中, 预先计算数量减少的故障探测激励模式, 并且之后基于传感器故障的故障位置、诸如实时地进行调节 (如, 转换) 故障。在 122 处, 处理器 30 预先计算针对传感器配置的激励模式和对应的预计响应。激励模式可基于其中故障状况不存在的默认状况。可基于传感器 24 的数量、传感器 24 的相对位置、和 / 或对象 22 的表面几何结构中的至少一个来计算激励模式。可以部分基于流过传感器 A_1 至 A_{16} 的为 0 的总电流来计算激励模式。在 122 处, 处理器 30 预先计算数量减少的故障激励模式和针对多个故障状况 (其对应传感器位置的一个或多个数学变换) 的对应的预计响应。数学转换可包括坐标变换、线性变换、非线性变换、几何变换、和 / 或任何其它合适的变换。针对故障状况计算故障激励模式, 故障状况例如不可接受的高传感器接触阻抗和 / 或一个或多个传感器 24 从对象和 / 或硬件上去耦合。在该实施例中, 计算故障激励模式和对应的预计响应, 针对传感器故障的不同组合, 但并不是针对每个位置。例如, 在其中具有单个传感器故障的情形中, 预先计算针对一个传感器的故障激励模式和对应的预计响应, 之后使用其生成针对任一单个传感器故障状况 (其是传感器位置的数学变换等价体) 的故障激励模式和对应的预计响应。处理

器 30 预先计算针对多个变换的故障激励模式和对应的预计响应,并存储该故障激励模式,其是本文详述的故障激励模式和对应的预计响应的减小的集合。例如,处理器 30 可计算故障激励模式和对应的预计响应,针对其中单个传感器 24 脱离、邻接传感器 24 脱离、和 / 或定位成彼此相对的传感器 24 脱离的故障状况。处理器 30 没有计算针对每个可能故障状况的激励模式和对应的预计响应,而是基于传感器位置的数学变换而生成故障激励模式以及对应的预计响应的减小的集合。

[0040] 在 125 处,应用预先计算的激励模式。在 126 处,响应探测器 28 测量一个或多个传感器 24 的响应。例如,响应探测器 28 可以测量一个或多个传感器 24 的振幅、相位、频率和 / 或电压。在 128 处,处理器 30 基于所测量的至少一个传感器 24 的响应来确定故障状况是否存在。在故障状况不存在的情形 130,软场层析成像系统 20 在 132 处基于在 122 处预先计算的预先计算的激励模式和对应的预计响应中的至少一个执行软场层析成像处理。如果故障状况存在 133,处理器 30 在 134 处选择故障激励模式和对应的预计响应(其对应故障状况位置的数学变换)。例如,在电极处于具有旋转对称性的配置中情况下,如果故障状况包括单个脱离的传感器,选择针对单个传感器 24 的故障激励模式以及变换(例如,旋转、伸展、扭曲、折叠等)激励模式和对应的预计响应,以便使预先计算的故障激励模式和对应的预计响应与展示出故障的传感器校准(align)。在一个实施例中,变换可包括激励模式或预计响应的均匀或非线性扩展。

[0041] 在另一示例中,如果故障状况包括已经变为脱离的邻接传感器 24,则选择针对邻接传感器的故障激励模式和对应的预计响应。变换激励模式和对应的预计响应以便使得预先计算的故障激励模式和对应的预计响应与展示出故障的邻接传感器校准。基于一个或多个故障位置,和对故障状况位置的对应的预计响应以及激励模式的一个或多个变换,选择故障激励模式和对应的预计响应。例如,在具有旋转对称性的二维几何结构中,如果单个故障存在于位置 B_3 处的传感器,则对于任一位置处的单个故障选择故障激励模式和对应的预计响应。在 136 处,变换故障激励模式和对应的预计响应,以使得故障激励模式和对应的预计响应与故障状况的位置相匹配。例如,变换对应单个故障的故障激励和对应预计响应,以使得在故障激励和对应的预计响应中表示的单个故障被定位于展示故障状况的传感器位置上。在 138 处,软场层析成像系统 20 基于所变换的故障激励模式和对应的预计响应来执行软场层析成像过程。通过变换故障激励模式和对应的预计响应,传感器故障模块 31 只需要产生故障激励模式和对应的预计响应的减小的集合。

[0042] 图 8 示出具有故障状况的传感器配置 23。在示例性实施例中,传感器配置 23 包括围绕对称体 60 的至少一个轴定位的传感器 A_1 至 A_{16} 。在所示意的实施例中,故障状况存在于传感器 A_3 和 A_4 。选择故障激励模式和对应的预计响应,以针对包括在邻接传感器处的故障的故障状况。在所示出的实施例中,故障激励模式和对应的预计响应对应在位置 B_1 和 B_2 处的传感器 A_1 和 A_2 的故障。故障激励模式和对应的预计响应围绕箭头 144 被变换,以使得位置 B_1 和 B_2 旋转至传感器 A_3 和 A_4 。通过变换故障激励模式和对应的预计响应,处理器 30 只需要存储针对选定数量的对称配置的故障激励模式和对应的预计响应。因为系统的对称性,针对特定传感器配置故障状况的相同故障激励模式和对应的预计响应可以根据传感器的位置和一个或多个对称轴在不同位置处使用。应该意识到的是,尽管在此非限制示例中使用旋转,但是也有其它数学变换(包括几何、线性和非线性变换),它们可以应用于激励

模式和对应的预计响应。

[0043] 在多种实施例中,使用软场层析成像系统,来预先计算激励模式(故障激励)和对应的预计响应,以针对处在待询问(interrogate)的对象表面上的给定传感器配置。激励模式和对应的预计响应基于如下假定,这些假定包括但并不局限于传感器数量、相对传感器位置以及对象的一个或多个边界或表面的几何结构。其它的激励模式(故障激励)和对应的预计响应被预先计算,针对多种单个或多个故障状况,诸如在一个或多个传感器处的不可接受的高传感器接触阻抗,脱引线状况或滑落的传感器。当探测到一个或多个故障状况时,则选择故障激励模式和最佳匹配故障状况的对应的预计响应。如果故障状况中的一个可以自身解决,则可以应用对应余下的故障状况的故障激励模式和对应的预计响应。这样,软场层析成像过程通常使用最能代表实际传感器配置的激励模式和对应预计响应。因此,信噪比被增加或者最大化,重建数据集中的伪影和噪声减小,并且数据破坏得到减少或消除。

[0044] 即使多种实施例描述为都与电激励和电响应有关,但是还可以提供其它激励源和响应。例如,磁、光、热或超声激励和响应,以及其它,可以与多种实施例组合来使用。

[0045] 多种实施例和/或组件,例如模块或其中的组件和控制器,也可以实现为一个或多个计算机或处理器的一部分。计算机或处理器包括计算装置、输入装置、显示单元以及例如用于接入因特网的接口。计算机或处理器可包括微处理器。微处理器可连接至通信总线。计算机或处理器还可以包括存储器。存储器包括随机存取存储器(RAM)以及只读存储器(ROM)。计算机或处理器还可以包括存储装置,其可以是硬盘驱动或可移除的存储装置,诸如光盘驱动,固态磁盘驱动(如,闪存RAM),等。存储装置也可以是其它相似部件,其用于将计算机程序或其它指令装载到计算机或处理器上。

[0046] 如本文使用的,术语“计算机”或“模块”可包括任何基于处理器或基于微处理器的系统,该系统包括使用微控制器,精简指令集计算机(RISC),专用集成电路(ASIC),现场可编程门阵列(FPGA),图形处理单元(GPU)、逻辑电路以及能够执行本文所述功能的任何其它电路或处理器的系统。上述示例只是示例性的,因此无意于以任何方式限制术语“计算机”的定义和/或含义。

[0047] 计算机或处理器执行存储在一个或多个存储元件中的指令集,以便处理输入数据。存储元件还存储所希望或所需的数据或其它信息。存储元件可以是信息源的形式或者是处理机内的物理存储器元件。

[0048] 指令集可包括多种命令,这些命令指示作为处理机的计算机或处理器执行具体操作,诸如本发明的多种实施例的方法和过程。指令集可以是软件程序的形式,其可以形成有形非瞬时的计算机可读媒介的一部分。软件可以是多种形式,诸如系统软件或应用软件。此外,软件可以是单独的程序或模块的集合的形式,可以是更大程序内的程序模块或程序模块的一部分。软件还包括面向对象编程形式的模块编程。可以响应操作者命令、或者响应之前处理的结果、或者响应由另一个处理机发出的请求来通过处理机处理输入数据。

[0049] 如本文所使用的,术语“软件”或“固件”是可以互换的,并且包括存储在存储器中由计算机执行的任何计算机程序,存储器包括RAM存储器,ROM存储器,EPROM存储器,EEPROM存储器、以及非易失性RAM(NVRAM)存储器。上述存储器类型只是示例性的,并且因此并不局限于对计算机程序存储来说可用的存储器类型。

[0050] 要理解,以上描述只是说明性而不是限制性的。例如,上述实施例(和/或其方面)可相互结合使用。另外,可对本发明的多种实施例的教导进行很多修改以适合具体情况或材料,而没有背离其范围。虽然本文描述的材料尺寸和类型目的是限定本发明的多种实施例的参数,但这些实施例并非限制性的而只是示例性实施例。本领域技术人员在看了以上描述后,许多其它实施例对他们将是显然的。因此,本发明的多种实施例的范围应当参照所附权利要求连同这类权利要求涵盖的完整等效范围共同确定。在所附权利要求中,术语“包含”和“在其中”用作相应术语“包括”和“其中”的易懂英语对等词。此外,在所附权利要求中,术语“第一”、“第二”和“第三”等只用作标记,而不是意在对它们的对象施加数字要求。此外,所附权利要求的限制并不是按照部件加功能格式编写的,并且不是意在根据美国专利法第 112 条第六款来解释,除非并直到这类要求权益的限制明确使用词语“用于... 的部件”并跟随没有进一步结构的功能陈述。

[0051] 本书面描述使用示例来公开包括最佳模式的本发明的多种实施例,以及还使本领域技术人员能实践本发明的多种实施例,包括制作和使用任何装置或系统及执行任何结合的方法。本发明的多种实施例的可取得专利的范围由权利要求限定,且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例具有与权利要求字面语言无不同的结构要素,或者如果它们包括与权利要求字面语言无实质不同的等效结构要素,则它们规定为在权利要求的范围之内。

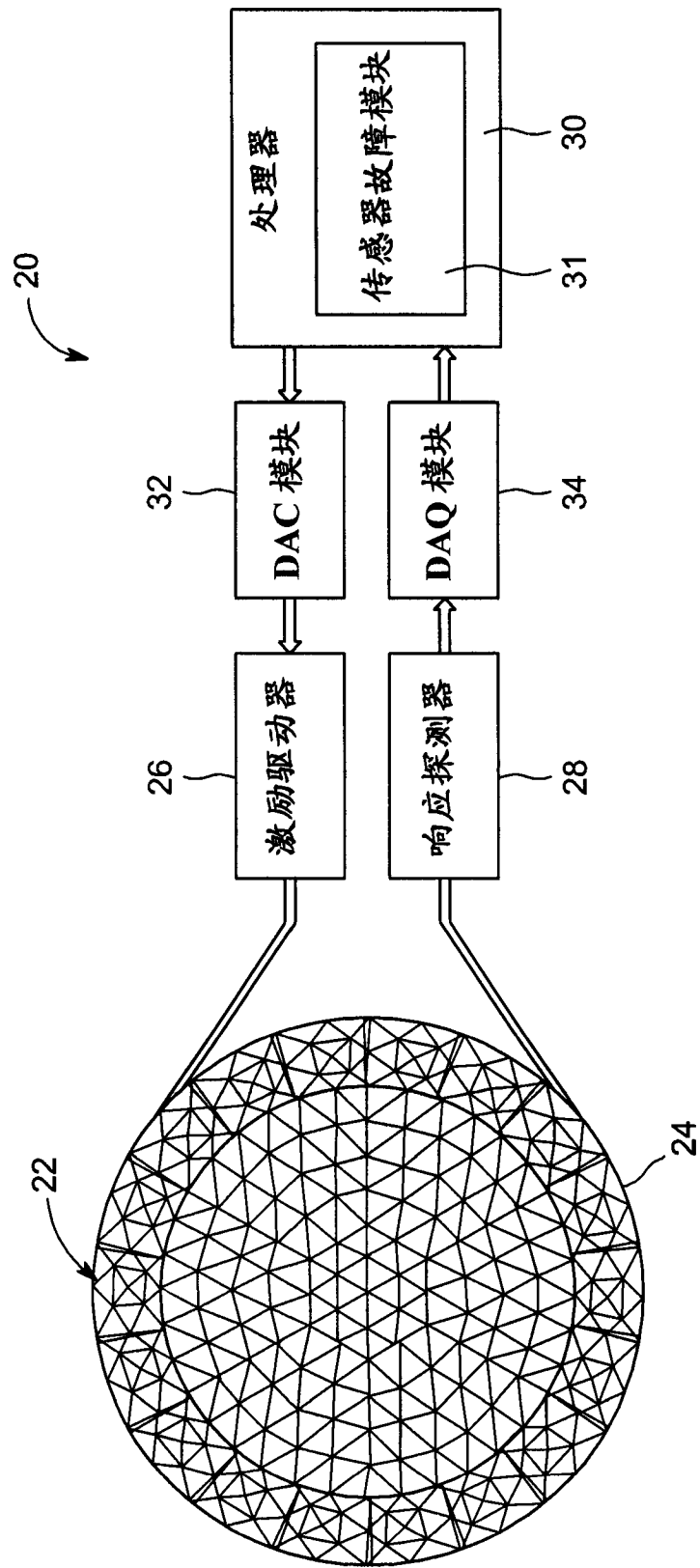


图 1

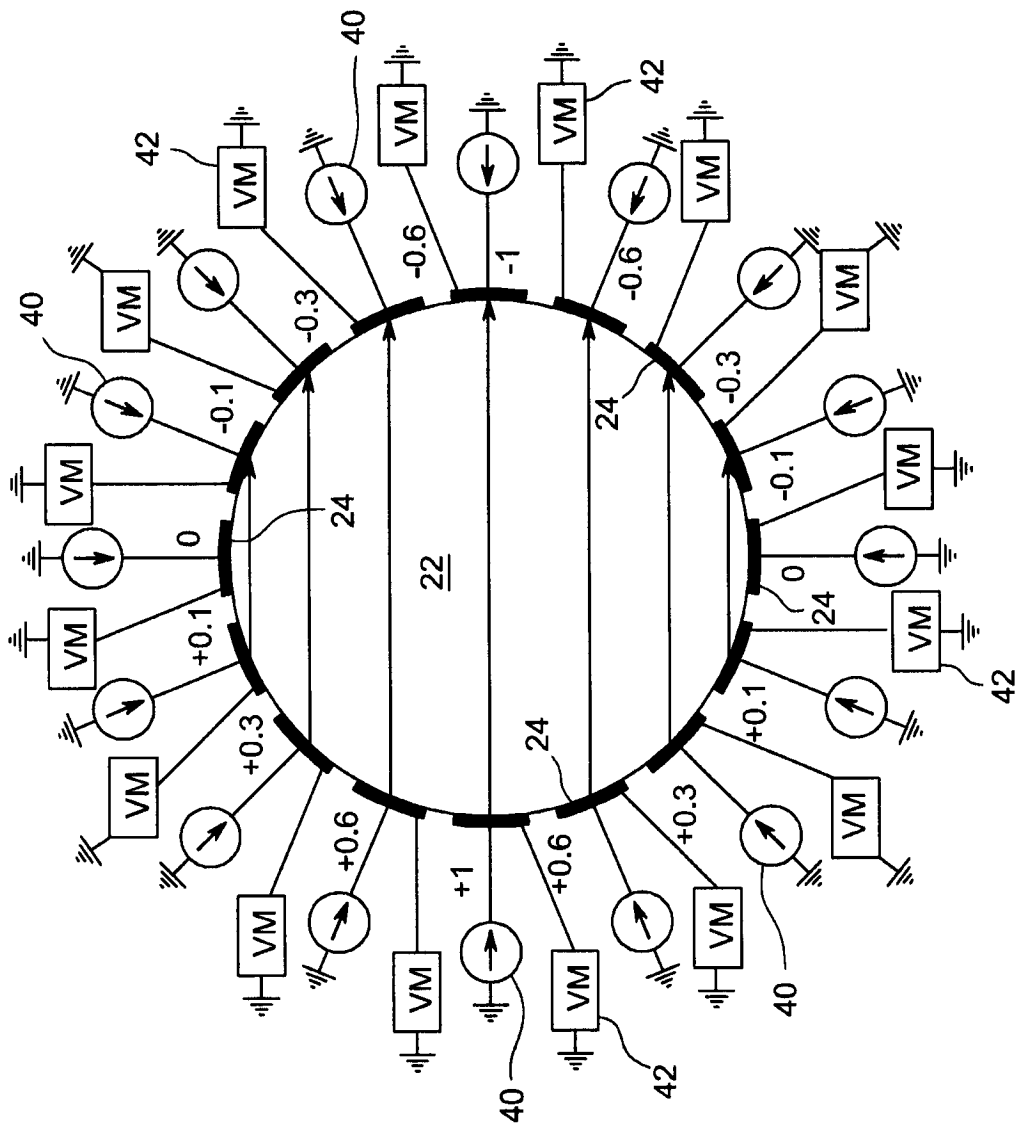


图 2

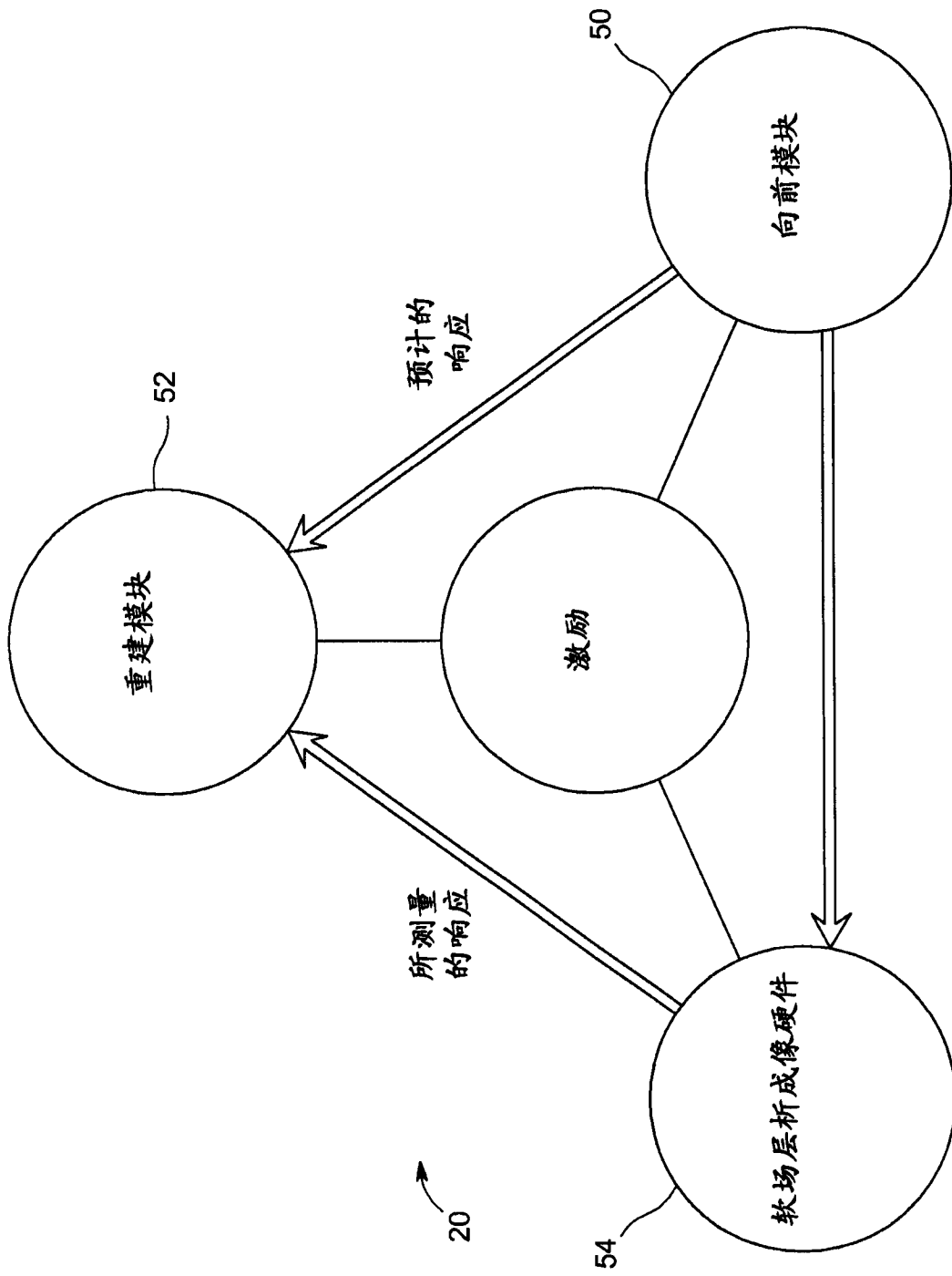


图 3

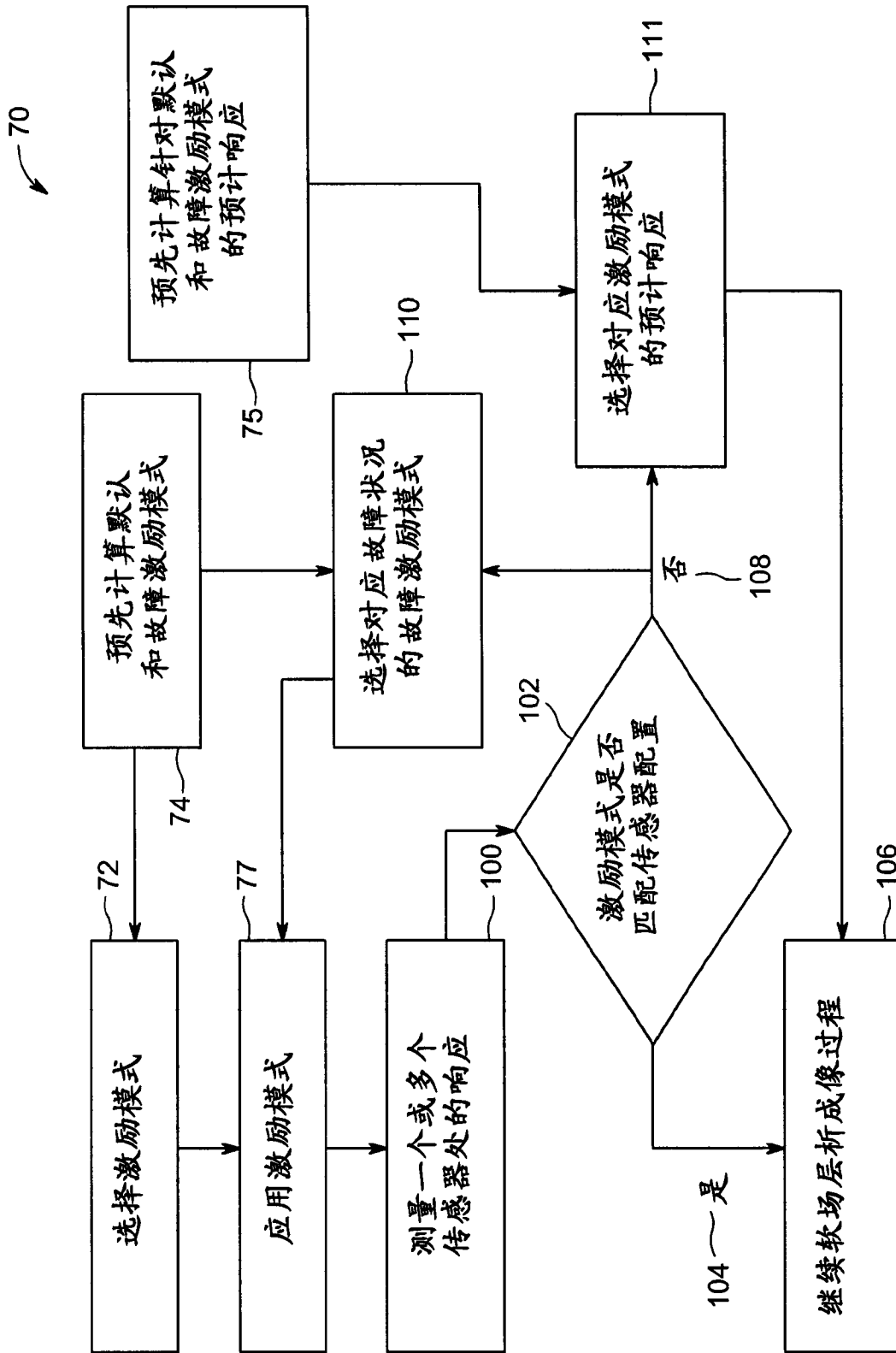


图 5

↖ 80

	82 默认或 故障状况	92 预先计算默认 或故障状况 激励模式	94 预先计算默认 或故障状况 预计响应
83	0	W	W^1
84	-1	X	X^1
	• • •	• • •	• • •
86	-1,2	Y	Y^1
	• • •	• • •	• • •
88	-1,3	Z	Z^1
	• • •	• • •	• • •
89	-1,4	V	V^1
	• • •	• • •	• • •
90	-1,5	V	V^1
	• • •	• • •	• • •

图 6

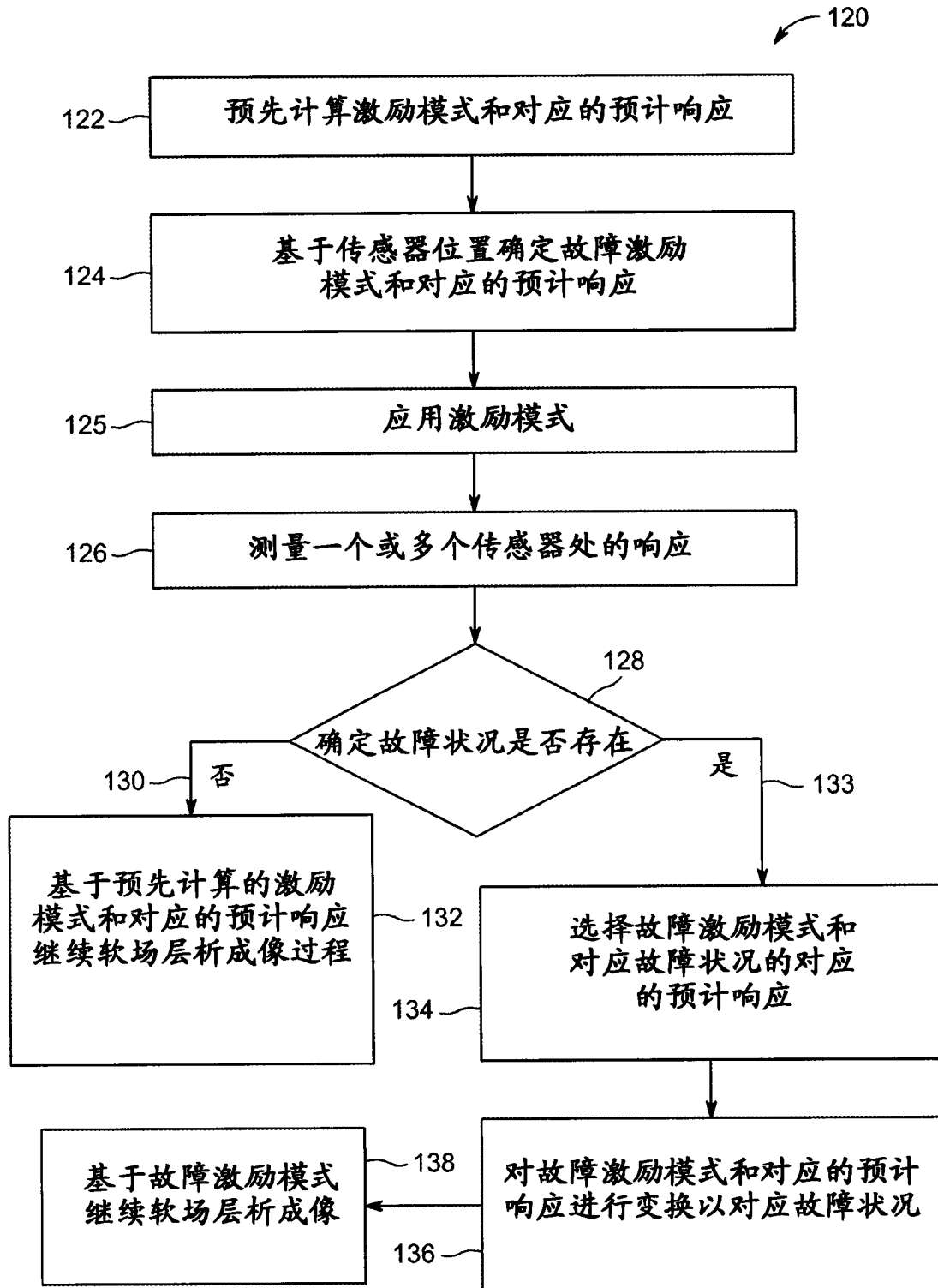


图 7

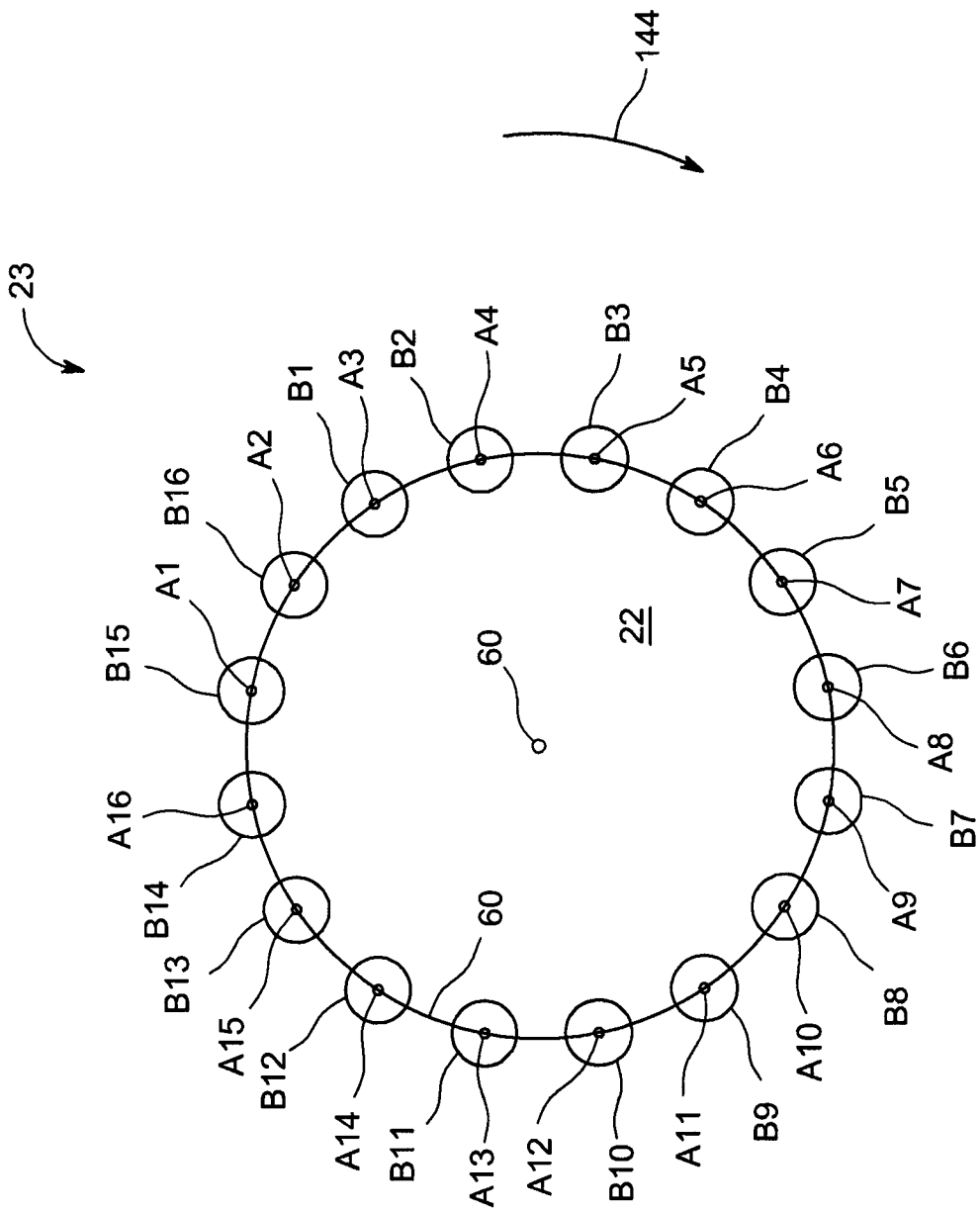


图 8

专利名称(译)	用于校正软场层析成像中故障状况的系统和方法		
公开(公告)号	CN102697497A	公开(公告)日	2012-10-03
申请号	CN201110463165.9	申请日	2011-12-22
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	AS罗斯		
发明人	A·S·罗斯		
IPC分类号	A61B5/053 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/6843 A61B5/0536 A61B5/7221		
优先权	12/976656 2010-12-22 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明名称为“用于校正软场层析成像中故障状况的系统和方法”。一种软场层析成像系统，包括：多个传感器，其配置成定位在对象的表面。激励驱动器配置成生成针对多个传感器的预先计算的默认激励模式。处理器存储预先计算的默认激励模式以及针对预先计算的激励模式的对应的预计响应。处理器还存储一个或多个预先计算的故障激励模式和针对故障激励模式的对应的预计响应，该对应的预计响应对应多个传感器的一个或多个故障状况。响应测量装置被配置成测量一个或多个传感器处的响应，以便确定故障状况是否存在。如果故障状况存在，则处理器将进行以下至少一个：向激励驱动器发送指令以便生成预先计算的故障激励模式，或者使用对应故障状况的预计响应，用于软场层析成像过程。

