



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108652623 B

(45) 授权公告日 2021. 10. 08

(21) 申请号 201810350517.1

审查员 邱园

(22) 申请日 2018.04.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108652623 A

(43) 申请公布日 2018.10.16

(73) 专利权人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72) 发明人 谭超 刘石玮 董峰

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 程毓英

(51) Int. Cl.

A61B 5/0536 (2021.01)

A61B 5/00 (2006.01)

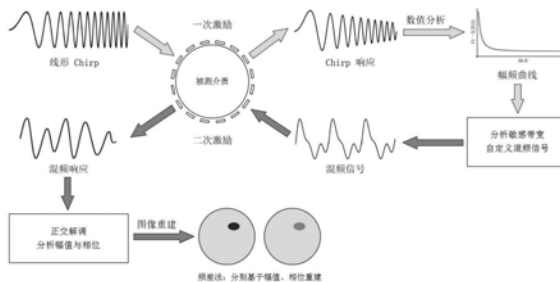
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

(54) 发明名称

电学谱表征的自适应宽频电阻抗层析成像方法

(57) 摘要

本发明涉及一种电学谱表征的自适应宽频电阻抗层析成像方法,包括:采用宽频Chirp信号对被测介质进行激励,当系统完成对边界电压值的采集之后,选择完整持续周期的Chirp响应信号,利用数值分析对该信号进行频谱分析获得幅频图,据此求解幅频曲线的一阶导数,得到当前介质电学特性随频率变化的敏感带宽区间;选择若干均匀分布于敏感带宽区间内的单频点,将各指定单频信号叠加为混频信号,对被测介质进行二次激励,并完成边界电压值的采集与解调,得到各个频率下的幅值和相位;利用图像重建算法,重建被测场域内的介质分布图像。本发明可提高图像重建的信噪比。



1. 一种电学谱表征的自适应宽频电阻抗层析成像方法,包括下列步骤:

1) 将被测介质置于由多电极构建的空间敏感阵列之中,采用宽频Chirp信号对被测介质进行激励,当系统完成对边界电压值的采集之后,选择完整持续周期的Chirp响应信号,利用数值分析对该信号进行频谱分析获得幅频图,据此求解幅频曲线的一阶导数,确定被测介质的电学敏感带宽,即幅频响应变化明显的频带,从而得到当前介质电学特性随频率变化的敏感带宽区间;

2) 选择若干均匀分布于敏感带宽区间内的单频点,将各指定单频信号叠加为混频信号,对被测介质进行二次激励,并完成边界电压值的采集与解调,得到各个频率下的幅值和相位;

3) 以某一频率激励下的电学信息为参考,利用图像重建算法,重建被测场域内的介质分布图像。

电学谱表征的自适应宽频电阻抗层析成像方法

技术领域

[0001] 本发明属于层析成像技术领域,涉及一种基于生物组织电学谱表征的自适应宽频电阻抗层析成像方法,通过对被测介质进行宽频激励,获取生物材料的阻抗谱信息与最优激励信息,再进行混频激励,实现被测介质分布的最优重建。

背景技术

[0002] 生物组织在安全激励电流的作用下,由于电导率和介电常数的影响,会表现出一定的电学特性。各种生物组织有不同的电阻抗特性,包含了丰富的生理与病理信息。基于该原理,电阻抗层析成像技术(Electrical Impedance Tomography, EIT)通过获取在不同频率激励电流下的响应电压,重建被测区域内的阻抗分布图像,实现生物组织特性的分析。EIT技术以多电极空间敏感阵列作为传感器,采用相邻电极电流激励与电压采集策略,利用图像重建算法反演介质分布。

[0003] 在一定的频率范围内,生物组织电阻抗的变化包含着丰富的生理信息。单频EIT技术采用单频激励,需有空场数据作为参考且仅可获得单一的阻抗实部信息。相较于单频EIT,多频EIT技术无需空场作为参考,便可以实现介质分布图像重建。多频EIT技术采用混频(同时多频)和扫频(分时多频)两种激励方式,但两者包含的频率成分有限,导致带宽和频率分辨率相互制约。由于被测生物材料的电学特性通常是未知的,即其电学敏感带宽不确定,当对其进行多频激励时,电学特性的显著变化可能恰好发生在相邻的两个频率点之间,或者带宽之外,导致无法测得多频响应,进而导致成像失败或效果较差。

发明内容

[0004] 本发明新提出一种基于生物组织电学谱表征的自适应宽频电阻抗层析成像方法,即在生物组织层析成像中,首先通过对被测介质施加宽频Chirp初次激励,获取组织频谱特性以确定被测介质电学特性变化敏感的频段,然后施加针对性的混频信号进行二次激励,利用边界响应电压重建被测介质分布的图像。在本发明中,阻抗谱信息作为初次激励的结果,为介质分布的图像重建提供先验和预判作用。本发明的技术方案如下:

[0005] 一种电学谱表征的自适应宽频电阻抗层析成像方法,包括下列步骤:

[0006] 1) 将被测介质置于由多电极构建的空间敏感阵列之中,采用宽频Chirp信号对被测介质进行激励,当系统完成对边界电压值的采集之后,选择完整持续周期的Chirp响应信号,利用数值分析对该信号进行频谱分析获得幅频图,据此求解幅频曲线的一阶导数,确定被测介质的电学敏感带宽,即幅频响应变化明显的频带,从而得到当前介质电学特性随频率变化的敏感带宽区间;

[0007] 2) 选择若干均匀分布于敏感带宽区间内的单频点,将各指定单频信号叠加为混频信号,对被测介质进行二次激励,并完成边界电压值的采集与解调,得到各个频率下的幅值和相位;

[0008] 3) 以某一频率激励下的电学信息为参考,利用图像重建算法,重建被测场域内的

介质分布图像。

[0009] 本发明的有益效果及优点如下:对于电学特性未知的被测生物材料,传统的电阻抗层析成像技术采用固定的混频方案对被测介质进行激励,但电学特性的显著变化可能恰好发生在相邻的两个频率点之间,或者混频带宽之外,导致无法测得满意的多频响应,因此缺乏针对性。本发明基于谱分析进行多频电阻抗层析成像,在多频激励之前,预先分析被测对象的电学特性敏感带宽,进而从源头上提高激励频率的有效性与针对性,实现系统测量带宽与频率分辨率的统一提升,最终提高图像重建的信噪比。

附图说明

[0010] 以下附图描述了本发明所选择的实施例,均为示例性附图而非穷举或限制性,其中:

[0011] 图1是电学谱表征的宽频电阻抗层析成像方法的实施流程图;

[0012] 图2是某介质的幅频特性曲线示意图。

具体实施方式

[0013] 本发明基于谱分析宽频电阻抗层析成像(Spectrum-based Wideband Electrical Impedance Tomography, SWEIT)系统实现,完成宽频与混频信号激励、数据采集与传输、频谱数据处理和敏感带宽分析。以下以传感器为16电极、频带范围为10kHz~1MHz、分频间隔10kHz的宽频电阻抗系统为例,详细描述本发明的实施方法操作步骤,旨在作为本发明的实施例描述,并非是可被操作或制造的唯一形式,对其他可实现相同功能的实施例也应包括在本发明的范围内。

[0014] 下面结合说明书附图详细说明本发明的实施方法。

[0015] 图1为本发明的实施流程图,实现基于生物组织电学谱表征的宽频电阻抗层析成像。该方法的过程如下:1)将被测生物组织置于16电极构建的空间敏感阵列之中,通过同轴线缆连接至SWEIT硬件板卡,依次进行相邻电极的电流激励与电势差检测;2)选择线形Chirp信号对被测场进行初次激励,采集得到Chirp响应电压;3)选择完整持续周期的Chirp响应信号,通过数值分析得到幅频特性,对幅频曲线求解一阶导数,确定被测介质的电学敏感带宽,即幅频响应变化明显的频带;4)在敏感带宽区间,均匀地选取10个单频点,配置硬件系统生成指定频率的正弦信号 $S_1 \sim S_{10}$,频率可选为 $f=10*n$ kHz ($n=1, 2, \dots, 100$),之后叠加为混频信号 S_m ;5)选择自定义好的混频信号 S_m ,对被测场进行二次激励,采集边界电压响应信号;6)混频响应电压经过正交解调,得到各个频率下的幅值和相位;7)以某个频率下的幅值和相位信息作为参考,采用图像重建算法,重建介质场分布图像。至此,本例基于电阻抗谱分析的宽频层析成像操作完成。

[0016] 图2为某介质的幅频特性曲线示意图,以此为例介绍敏感带宽的确定和混频信号的配置方法。在本例中,求解幅频曲线的一阶导数,确定敏感频带。可知该介质的电学敏感带宽为10kHz~200kHz,因此可选10kHz、30kHz、50kHz、70kHz、90kHz、110kHz、130kHz、140kHz、160kHz、180kHz作为10个不同的单频信号,用于合成本次混频信号。

[0017] 图1、图2中均为示意性波形、曲线,不代表具体的频率、周期、幅值等。

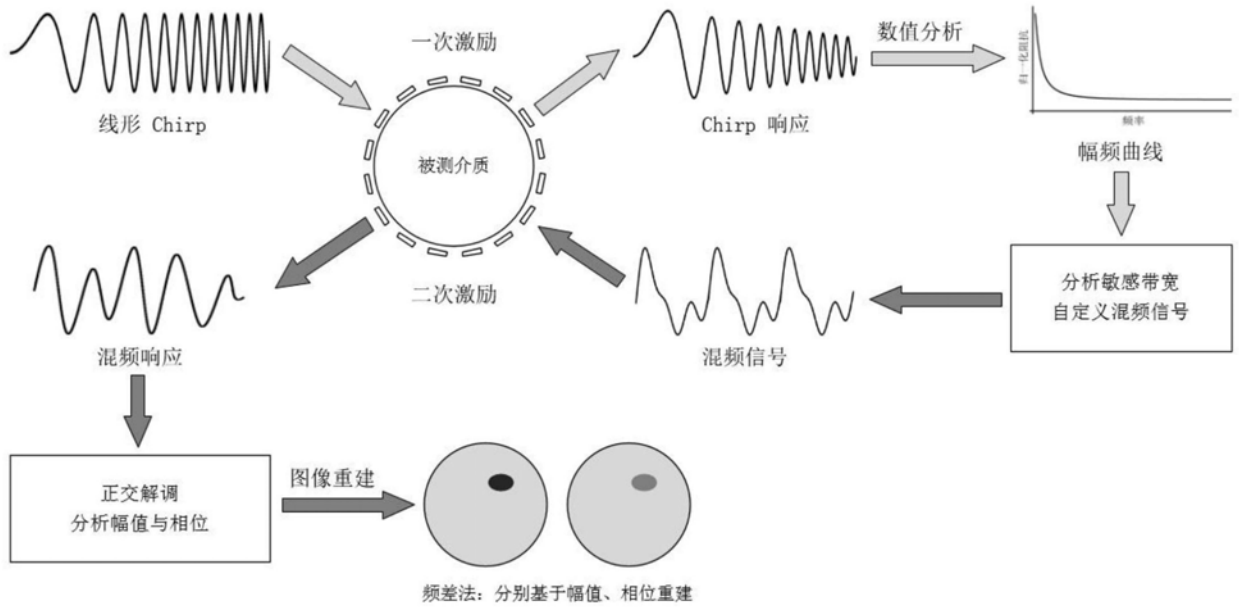


图1

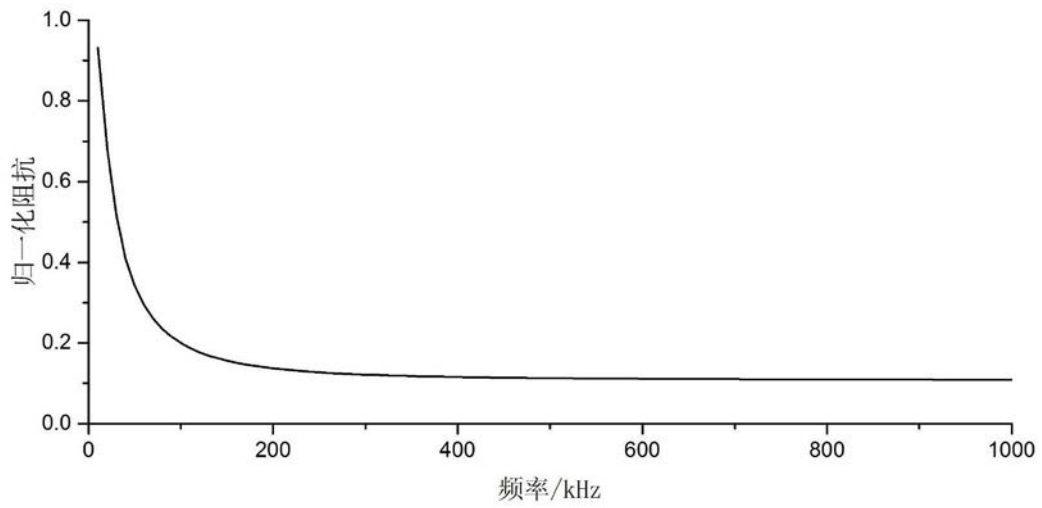


图2