

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 5/053 (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710018677.8

[43] 公开日 2008年4月9日

[11] 公开号 CN 101156776A

[22] 申请日 2007.9.17

[21] 申请号 200710018677.8

[71] 申请人 中国人民解放军第四军医大学

地址 710032 陕西省西安市长乐西路17号

[72] 发明人 董秀珍 付峰 史学涛 刘锐岗

尤富生 季振宇 王侃

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司

代理人 李郑建

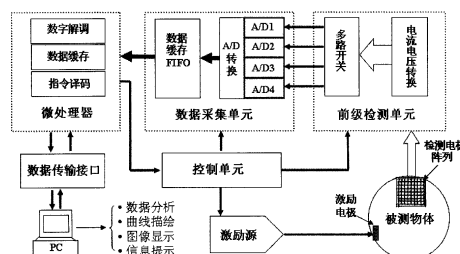
权利要求书3页 说明书14页 附图5页

[54] 发明名称

实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统及方法

[57] 摘要

本发明公开了一种实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统及方法，系统包括PC机、数据传输接口模块、微处理器、控制模块、数据采集模块、前级检测模块、激励源和激励电极；检测电极阵列提取检测信号，并将信号送入前级检测模块，检测信号经电流电压转换模块后通过多路开关送入数据采集单元的对应的A/D模数转换器和数据缓存模块，由数据缓存模块进入微处理器；PC机通过传输接口模块与微处理器模块进行数据传输，发出控制命令或接收数据；PC机内有支持数据分析、曲线描绘、图像显示和信息提示的软件；进而得到被测目标体的实时电阻抗信息、多频阻抗信息及一维阻抗特性。具有检测精度高、处理速度快、抗噪能力强等优点。



1. 一种实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，其特征在于，该系统主要由PC机、数据传输接口模块、微处理器、控制模块、数据采集模块、前级检测模块、激励源和激励电极组成；微处理器分别与数据采集模块和控制模块连接，用于向控制模块发送控制命令及处理采集的数据；数据采集模块和前级检测模块连接，控制单元分别与激励源、前级检测模块、数据采集模块连接，对激励源的输出信号幅度频率进行控制，激励源连接有激励电极，由该激励电极对被测区域表面设置的检测电极阵列进行激励，该检测电极阵列与前级检测单元相连通；

检测电极阵列提取检测信号，数据采集模块主要对来自前级检测模块的模拟信号进行采集；并将采集数据送入数据缓存模块，再由数据缓存模块送入微处理器；PC机通过传输接口模块与微处理器模块进行数据传输，发出控制命令或接收数据；PC机内有支持数据分析、曲线描绘、图像显示和信息提示的软件；进而得到被测目标体的电阻抗分布特性。

2. 如权利要求1所述的实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，其特征在于，所述的前级检测模块包括电流电压转换模块和多路开关，多路开关由控制模块控制进行信号通路的切换。

3. 如权利要求1所述的实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，其特征在于，所述的数据采集模块设有与多路开关相对应的A/D模数转换器和数据缓存模块，微处理器内部有数字解调器、数据缓存器以及指令译码程序。

4. 如权利要求1所述的实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，其特征在于，所述的激励信号采用数字频率合成方法实现，输出多频率且幅度可调电压信号。

5. 如权利要求1所述的实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，其特征在于，所述的数据采集模块为四通道高速并行采集，经采集得到的数字信

号输入微处理器进行数字解调。

6. 如权利要求 1 所述的实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，其特征在于，所述的数据传输接口模块为串行接口 UART、USB1.1 或以太网接口其中之一，和 PC 机之间进行通讯。

7. 权利要求 1 所述的实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统实现电阻抗扫描检测及电阻抗特性分析的方法，其特征在于，该方法步骤如下：

①根据检测需要设定硬件系统的检测参数，或使用系统默认参数；

②根据系统设定的扫描频率，在该频率下利用检测电极阵列对目标体的表面进行实时扫描检测；

③系统产生并显示实时成像结果，同时根据系统设定显示检测电极阵列对应的一维阻抗变化曲线；

④根据实时成像结果，冻结感兴趣的图像并保存此时刻的图像信息，对保存的图像进行图像分析，并进行特征区域的识别；

⑤对感兴趣图像对应的区域，按照系统设定的频率范围进行多频率扫描，并保存成像结果；

⑥根据多频率扫描的结果，可得到每个检测电极对应的检测区域的电阻抗谱特性曲线；

⑦将检测电极阵列置于感兴趣区域，进行连续的信号采集，并记录每个检测电极阵列对应的一维阻抗变化曲线；

⑧综合分析被检测区域的实时图像信息、多频谱信息、一维信号特征中的一种或多种以评估被测区域内的电阻抗分布特征。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，在进行电阻抗扫描时根据系统默认设置对目标区域依次进行实时扫描成像，多频扫描成像和一维电阻抗信号的记录，或者根据检测需要选择实时扫描成像，多频扫描成像，一维阻抗记录中的一种检测方式，或者任意两种的组合。

9. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 在实时成像的同时, 当操作者需要记录某一时刻的图像时, 触动图像冻结按钮, 将该时刻下的单帧图像保存, 以对保存的图像进行图像分析, 并进行特征区域的识别, 系统能够存储指定时间段内的采集图像, 需要时回放该采集图像。

10. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述的多频谱信息包括电阻抗实部信息, 虚部信息, 模值信息, 相位信息, 并进行相应电阻抗信息的频谱曲线特征分析, 以对两个或多个检测电极单元上得到的频谱特性数据进行运算;

所述的一维信号特征包括实部信息, 虚部信息, 模值信息, 相位信息, 并进行相应电阻抗信息的一维曲线特征分析, 以对两个或多个检测电极单元上得到的一维阻抗数据进行运算。

实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统及方法

技术领域

本发明属于生物组织电阻抗检测领域，特别是涉及一种实时的，可提取多种电阻抗信息的电阻抗扫描成像检测系统及方法。

背景技术

生物组织电阻抗扫描检测是通过激励电极对目标体施加一定的激励电压，相应的阵列式检测电极检测被测区域体表电流，并分析检测电极单元上电流的差异进而得到被测区域内部的电阻抗分布。该检测方法通常用于对内部组织存在较大电阻抗差异的目标体的测量，进而获取不同组织的电阻抗信息。

因为受到检测电极阵列面积的限制，电阻抗扫描检测技术在对目标部位进行检测时通常将目标体表面划分为几个区域，然后对每个区域分别进行检测。目前的检测系统因其非实时性，操作者将检测探头置于被测目标体的表面，触发探头上的采集按钮完成该区域的一帧成像。但常常因为在图像显示前操作者无法判断是电极面否接触良好，或电极区域下是否为感兴趣区，操作者必须反复触发测量按钮，对该区域进行成像，直到得到满意的图像。建立实时成像的检测系统，操作者可以看到随检测电极阵列移动而得到的实时成像结果，有助于提高检测效率，且能方便操作者的使用。

目前的电阻抗扫描成像系统虽然可以得到多种频率下对目标部位的成像，但并没有对被测区域下的电阻抗频谱特征进行分析，即这些多频成像结果之间的联系并没有很好的反映，而组织的电阻抗频谱特征是识别不同组织的重要信息，因此有必要分析被测目标部位的电阻抗多频谱特征。

此外电阻抗检测的一维信号可以反应被测目标体的电阻抗特性随时间

的变化规律，因不同电阻抗特性的被测目标体其一维信号可能存在差异，因此通过对一维电阻抗信号的特征分析也可以得到不同的被测组织的电阻抗特性。在电阻抗扫描系统中增加一维电阻抗信息的检测功能可以为系统对目标体的检测识别提供更多依据。

发明内容

针对现有电阻抗扫描存在的缺陷或不足，本发明的目的在于提出一种实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统及方法，该系统及方法具有实时成像功能，电阻抗频谱分析功能，以及一维电阻抗信号分析功能。

为了实现上述任务，本发明采取如下的技术解决方案：

一种实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，其特征在于，该系统主要由PC机、数据传输接口模块、微处理器、控制模块、数据采集模块、前级检测模块、激励源和激励电极组成；微处理器分别与数据采集模块和控制模块连接，用于向控制模块发送控制命令及处理采集的数据；数据采集模块和前级检测模块连接，控制单元分别与激励源、前级检测模块、数据采集模块连接，对激励源的输出信号幅度频率进行控制，激励源连接有激励电极，由该激励电极对被测区域表面设置的检测电极阵列进行激励，该检测电极阵列与前级检测单元相连通；

检测电极阵列提取检测信号，数据采集模块主要对来自前级检测模块的模拟信号进行采集；并将采集数据送入数据缓存模块，再由数据缓存模块送入微处理器；PC机通过传输接口模块与微处理器模块进行数据传输，发出控制命令或接收数据；PC机内有支持数据分析、曲线描绘、图像显示和信息提示的软件；进而得到被测目标体的电阻抗分布特性。

所述的前级检测模块包括电流电压转换模块和多路开关，多路开关由控制模块控制进行信号通路的切换。所述的数据采集模块设有与多路开关相对应的A/D模数转换器和数据缓存模块，微处理器内部有数字解调器、数据

缓存器以及指令译码程序。

所述的激励信号采用数字频率合成方法实现，输出多频率且幅度可调电压信号。

所述的数据采集模块为四通道高速并行采集，经采集得到的数字信号输入微处理器模块进行数字解调。

所述的数据传输接口模块为串行接口 UART、USB1.1 或以太网接口其中之一，和 PC 机之间进行通讯。

上述实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统实现的电阻抗扫描检测及电阻抗特性分析的方法，其特征在于，该方法步骤如下：

①根据检测需要设定硬件系统的检测参数，或使用系统默认参数；

②根据系统设定的扫描频率，在该频率下利用检测电极阵列对目标体的表面进行实时扫描检测；

③系统产生并显示实时成像结果，同时根据系统设定显示检测电极阵列对应的一维阻抗变化曲线；

④根据实时成像结果，冻结感兴趣的图像并保存此时刻的图像信息，对保存的图像进行图像分析，并进行特征区域的识别；

⑤对感兴趣图像对应的区域，按照系统设定的频率范围进行多频率扫描，并保存成像结果；

⑥根据多频率扫描的结果，可得到每个检测电极对应的检测区域的电阻抗谱特性曲线；

⑦将检测电极阵列置于感兴趣区域，进行连续的信号采集，并记录每个检测电极阵列对应的一维阻抗变化曲线；

⑧综合分析被检测区域的实时图像信息、多频谱信息、一维信号特征中的一种或多种以评估被测区域内的电阻抗分布特征。

在进行电阻抗扫描时根据系统默认设置对目标区域依次进行实时扫描

成像，多频扫描成像和一维电阻抗信号的记录，或者根据检测需要选择实时扫描成像，多频扫描成像，一维阻抗记录中的一种检测方式，或者任意两种的组合。

在实时成像的同时，当操作者需要记录某一时刻的图像时，触动图像冻结按钮，将该时刻下的单帧图像保存，以对保存的图像进行图像分析，并进行特征区域的识别，系统能够存储指定时间段内的采集图像，需要时回放该采集图像。

所述的多频谱信息包括电阻抗实部信息，虚部信息，模值信息，相位信息，并进行相应电阻抗信息的频谱曲线特征分析，以对两个或多个检测电极单元上得到的频谱特性数据进行运算，如进行平均、相减后得到另一种更能反映电阻抗特征的数据；

所述的一维信号特征包括实部信息，虚部信息，模值信息，相位信息，并进行相应电阻抗信息的一维曲线特征分析，以对两个或多个检测电极单元上得到的一维阻抗数据进行运算。

本发明的系统具有检测精度高、处理速度快、抗噪能力强等优点。基于该系统的实时多信息提取的电阻抗扫描检测方法其主要特点是：（1）系统可以实时成像并根据需要提取相应的电阻抗信息，避免传统检测结果的偶然性；（2）系统可以提取组织的多频谱特征信息并进行相关的特征分析；（3）系统可以提取组织的一维电阻抗信息，反映组织电阻抗随时间变化的规律；（4）系统可以将组织的实时成像信息、多频谱电阻抗特征信息及一维电阻抗特征信息进行综合分析，以更准确地反映被测区域内不同组织的电阻抗特性差异。

附图说明

图 1 是本发明的系统结构原理图；

图 2 是激励模块结构示意图；

- 图 3 是采集模块结构示意图；
- 图 4 是控制模块结构示意图；
- 图 5 是检测电极手柄构成及功能示意图；
- 图 6 是软件处理功能示意图；
- 图 7 是成像特征分析处理示意图；
- 图 8 是电阻抗扫描多频成像示例；
- 图 9 是多频率扫描下得到的乳房部位的电阻抗频谱特性曲线示例；
- 图 10A 是皮肤接触阻抗随时间增大对应的一维电阻抗曲线
- 图 10B 是皮肤接触阻抗稳定状态对应的一维电阻抗曲线
- 图 11 是两个电极得到的电阻抗模值进行相减后，其差值对应的曲线。
- 以下结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。

具体实施方式

本发明提出的实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统，系统结构示意图如图 1 所示。该系统主要由 PC 机、数据传输接口模块、微处理器、控制模块、数据采集模块、前级检测模块、激励源和激励电极组成；微处理器分别与数据采集模块和控制模块连接，用于向控制模块发送控制命令及处理采集的数据；数据采集模块和前级检测模块连接，控制单元分别与激励源、前级检测模块、数据采集模块连接，对激励源的输出信号幅度频率进行控制，激励源连接有激励电极，由该激励电极对被测区域表面设置的检测电极阵列进行激励，该检测电极阵列与前级检测单元相连通；

检测电极阵列提取检测信号，数据采集模块主要对来自前级检测模块的模拟信号进行采集；并将采集数据送入数据缓存模块，再由数据缓存模块送入微处理器；PC 机通过传输接口模块与微处理器模块进行数据传输，发出控制命令或接收数据；PC 机内有支持数据分析、曲线描绘、图像显示和信息提示的软件；进而得到被测目标体的电阻抗分布特性。

所述的前级检测模块包括电流电压转换模块和多路开关,多路开关由控制模块控制进行信号通路的切换。所述的数据采集模块设有与多路开关相对应的 A/D 模数转换器和数据缓存模块,微处理器内部有数字解调器、数据缓存器以及指令译码程序。

系统可以采用电压激励,电流测量方式;也可以采用电流激励,电压测量方式。本实施例为电压激励,电流测量方式。激励源可以输出交流可变频电压信号,通过激励电极施加于被测物体。激励电极的放置位置根据被测部位的特征而改变。检测电极阵列由多个按一定规则排布的小电极单元构成,图 5 中所示的是一个 11*11 的正方形电极阵列单元。检测电极阵列置于被测物体的表面,用于提取电流信号。多路的电流信号经过电流电压转换得到多路并行的电压信号。本实施例设计采用多路开关切换,将多路电压信号转化四路信号输出到数据采集部分,通过控制多路开关完成所有信号的输出。采用多路开关切换的方式,可以减少前级检测部分和数据采集部分之间的连线。同时可以减少 A/D 采集的通道。同时为了提高系统的采集速度达到实时成像的目的,本实施例采用了四个独立的高速 A/D 芯片进行数据采集,常规模式下芯片的采集速率为 800ksps,采集精度为 16 位。采集的数据首先进入数据缓存 FIFO,然后在微处理器的控制下,将数据读入到微控制器,进行数据处理。本系统采用模块化设计,在电路中使用了一片 FPGA 芯片 (EP1C3T144) 实现了上述激励模块,数据采集模块,控制模块的部分功能。在本实施例中嵌入式微处理器采用一块 ARM7 芯片 (LPC2214) 实现,读入到微处理器的数据可以进行数字解调处理,数字解调表示被测区域下组织电阻抗特性的电导值和电容值。最终的解调结果被传送到 PC 机。在本系统中,微处理器和 PC 机之间的数据传输接口设计了异步串行口,USB 接口,以太网接口。可以根据需要选择合适的接口,本实施例在数据传输中采用了 USB 接口。通过 USB 接口,微处理器接受来自 PC 机的指令,通过指令译

码部分完成对指令的译码，并根据译码结果进行相应的操作。系统中的控制部分根据系统的设置参数主要完成对激励源输出的控制，对多路开关部分的控制，对数据采集的控制。同时控制部分也根据来自硬件的中断请求，完成相应的控制。PC 机主要是对传入其中的数据进行分析，并根据需要完成如数据分析，绘制曲线，图像显示，信息提示等功能。

图 2 是本发明硬件系统激励源的实现示意图，系统激励源基于数字频率合成原理实现，包括可变频率时钟发生器，波形存储器，地址发生器，数模转换器，缓冲运算放大器，以及后续的滤波、幅度控制等信号处理电路。通过控制信号控制可变频率时钟发生器，以改变数模转换器读取波形数据的频率从而改变输出激励信号的频率。本实施例中波形存储器和地址发生器部分由硬件电路中 FPGA 芯片 EP1C3T14 中的部分逻辑资源和 RAM 资源实现。其中波形存储器中的数据为 16 位，完整波形共 1024 个数据；数模转换芯片为 AD9777，其精度为 16 位，速度为 160MSPS。

图 3 是本发明硬件系统采集电路实现的示意图，本实施例中采用 4 路模数转换通道对检测信号进行并行采集，所选择的模数转换（A/D）芯片为 AD7671，共四片。AD7671 精度为 16 位，转换速度最大可达 800kSPS。在采集控制下，来自 A/D 芯片的采集数据首先放入数据缓存区中。本实施例中的采集控制模块和采集数据缓存区模块由 FPGA 芯片（EP1C3T144）的部分逻辑资源实现。采集缓存区的数据然后被 ARM 芯片 LPC2214 读入到芯片内部，然后进行数据的运算处理，并将最终结果通过数据接口送入 PC 机。

图 4 为本发明硬件系统控制部分的示意图，本实施例中实现控制的方式为首先 ARM 芯片（LPC2214）读取来自 PC 机的命令，然后根据指令译码的结果进行相应的操作。由于本实施例硬件电路中的 FPGA 芯片（EP1C3T144）具有多个 I/O 资源，因此系统的主要部分控制由 FPGA 芯片的部分逻辑单元实现，其中主要包括可变频率发生器的控制，激励输出控制

和信号采集控制。

图5为本发明一个实施例中检测探头示意图。如图所示，检测探头包括检测电极阵列，前置级检测电路板，控制按钮，以及指示灯。其中控制按钮，检测指示灯也可以置于系统控制台上。其中启动扫描按钮，控制系统开始对目标体进行实时扫描。冻结按钮用于在实时扫描过程中，冻结感兴趣的图像。多频扫描按钮启动多频扫描功能，对目标体进行多频率点下的扫描成像。

本发明的实施例描述的系统，系统对某目标体进行电阻抗检测时，检测及电阻抗信息分析方法具体按以下步骤实施：

(1) 开机进入系统参数设置界面，可以根据需要对系统的参数进行设定，包括激励输出参数，激励输出频率，检测模式，多频扫描范围；如果不设置系统则按照默认的参数工作。

(2) 固定激励电极的位置，为方便对目标体的检测，检测电极可以在感兴趣区域表面移动。

(3) 系统初始工作完成后进入检测状态，系统的检测模式分为以下几种方式：

A. 多信息提取检测模式，首先启动实时扫描功能，用检测电极在感兴趣区域的表面进行实时扫描成像。当在检测电极移动到某一位置发现感兴趣图像时，使用冻结功能冻结图像并存储。保持检测探头位置不变，启动多频扫描按钮，对该区域进行设定范围下的多频率点成像，得到多个频率下区域的成像结果。同时绘制每个检测电极单元上所得到的电阻抗信息的频谱特性曲线。通过对不同频率下检测结果的分析（具体分析过程见下文），在感兴趣频率下对目标体进行实时扫描，同时可以记录每个检测电极单元下所得到的二维阻抗特性曲线。最后可以对二维阻抗特性曲线进行分析（具体分析过程见下文），以得到更多的电阻抗信息。

B. 实时扫描成像的检测模式，某些被测区域下组织的电阻抗特性对频

率的变化没有显著性差异或者只需要得到某一频率下组织的电阻抗信息,因此对于该种检测对象,可以只进行实时扫描成像。在系统默认的检测频率下,进入检测状态后,启动实时扫描功能,同时在被测物体表面移动检测探头,当发现感兴趣图像时,启动冻结按钮,冻结并存储图像。

C. 多频率成像的检测模式,某些被测区域内组织的电阻抗特性在短期内对随时间变化无显著性差异,因此对于该种检测对象不需要进行一维阻抗信息的提取。系统在进入检测状态后,启动实时扫描功能,当发现感兴趣图像时,启动冻结按钮,冻结并存储图像,同时在该部位进行系统设定频率范围内的多频率点下的电阻抗扫描成像,并分析成像结果。

D. 一维信息的检测模式,对于某些被测区域其内部组织电阻抗特性随时间变化比较明显,因此提取其一维电阻抗信息更为重要。当系统进入检测状态后,将检测电极阵列置于感兴趣表面,启动一维信息记录功能,则可以记录每个检测电极单元对应的电阻抗特征曲线,最后根据需要对一维电阻抗曲线进行分析。

(4) 根据在不同检测模式下得到的电阻抗信息分析结果,系统给出相应的信息提示或信息输出。采用步骤(3)中任选的一种检测模式在对目标体完成检测后,系统对检测得到的电阻抗信息进行分析,并对分析结果进行电脑屏幕显示或者打印输出。

(5) 系统完成一项检测任务后,进入下一项检测任务,或者退出系统。

上述实施例描述的系统,系统具有进行实时图像显示记录,冻结图像特征分析,多频特征分析,一维曲线记录分析功能。图6是本发明实施例描述系统的软件功能界面,包括系统参数设定部分,实时图像显示部分,冻结图像显示部分,多频图像及曲线部分,一维阻抗曲线显示部分。

系统软件主要功能的实现和描述如下:

(1) 实时图像显示功能

在上述本发明实施例描述的系统中，系统具有每秒 20 帧的采样速率，数据经 USB 接口传入计算机，并进行图像的实时显示。启动实时扫描按钮后，进入实时图像显示状态，随着检测探头的移动，在如图 6 软件界面示意图所示的实时成像窗口中，显示实时的电导成像（也可切换为电容参数成像状态）。操作者可以根据需要，冻结某一时刻的成像，并存储该图像，同时系统自动存储冻结图像时刻前后共 20 秒的实时图像信息。系统也可以根据软件设置的存储实时成像的起始和结束时刻，存储相应时间段内得到的实时成像记录。系统具有实时成像记录回放的功能，可以根据需要对某一时刻段记录的实时成像记录进行回放显示。

（2）图像特征分析处理功能

在上述本发明实施例描述的系统中，对于冻结后的单帧图像，可以使用图像特征分析处理功能对图像进行特征识别和进一步分析。在本实施例中，可以采用滤波方法消除图像的干扰因素，使图像更清晰显示。本实施例中描述的图像为灰度图像，对于电导率高的组织在灰度图像中呈亮区显示，电导率低的组织呈暗区显示。在对图像特征分析中，使用图像特征识别功能，可以识别高电导率的成像区域。同时在本实施例中采用灰阶显示处理处理方法，可以对图像进行增强显示，以便图像更加直观易读。在如图 6 软件界面中有图像特征分析处理窗口，主要针对冻结存储后的图像进行特征分析，经过分析识别后的图像可以辅助操作者对图像的分析，提高读图的效率，减少读图者的主观判断。

（3）电阻抗多频特征分析功能

在上述本发明实施例描述的系统中，可以对检测电极阵列下某一固定区域在一定频带范围内进行多频率点扫描。某些被测区域内组织的电阻抗特性随频率变化有显著性的变化，因此通过多频扫描可以发现不同组织的特征频率点，即在此频率点该组织的电阻抗特性和其它组织的电阻抗特性有显著性

差异。对于本实施例中描述的系统，可以检测的频率范围为 100Hz~100kHz。进行多频率扫描时可以设置 12, 24 或 48 个频率点进行频率扫描。在设置好系统的扫描频率参数后，在选定的区域启动多频扫描按钮，进入多频扫描状态，完成多频扫描后，可以得到不同频率点下对应电阻抗信息图像。如图 6 软件界面中有多频图像显示窗口和多频电阻抗谱曲线显示窗口，在多频图像显示窗口中，可以显示被测区域电阻抗的实部（电阻），虚部（电容）图像，也可显示电阻抗的模值图像和相位图像。操作者可以根据需要显示相应的多频电阻抗扫描图像。同时，在多频电阻抗谱曲线显示窗口中，软件可以绘制每个电极单元上提取的多频阻抗特性曲线，并可以根据需要选择在软件界面上显示 4 个电极单元对应的多频电阻抗特性曲线，图中显示的为电阻抗模值随频率的变化关系，可以根据需要显示模值，相位，或实部，虚部随频率的变化关系。关于系统多频特征分析功能结合图 9（多频特征曲线）进行详细说明。

（4）一维电阻抗特性曲线分析

在上述本发明实施例描述的系统，系统具有记录一维电阻抗特性曲线的功能。

一维信号特征包括实部信息，虚部信息，模值信息，相位信息，并进行相应电阻抗信息的一维曲线特征分析，以对两个或多个检测电极单元上得到的一维阻抗数据进行运算。

一维电阻抗曲线显示电阻抗特性参数随时间的动态的变化过程，具有方便、直观的优点。某些被测目标体的电阻抗特性随时间变化显著，如对人体供血丰富的区域进行一维电阻抗测量，可以看到随心脏搏动一维电阻抗测量值有明显的变化。类似的也有随呼吸变化引起的一维电阻抗曲线记录。另一个方面，生物组织的电阻抗特性随温度、湿度有明显的变化，因此使用一维电阻抗特性曲线也可以监控测量过程中，测量结果是否受到温度和湿度的影响。如图 6 软件界面中有一维电阻抗曲线显示窗口，软件可以绘制每个电极

单元上提取的一维电阻抗特性曲线，并根据需要选择在软件界面上显示 4 个电极单元对应的一维电阻抗特性曲线。图中显示的为电阻抗模值随时间的变化关系，可以根据需要显示电阻抗模值，相位，或实部，虚部随时间的变化关系。关于系统一维电阻抗特性分析的功能结合图 10，图 11 进行详细的说明。

(5) 多种电阻抗信息的综合分析

为了有效区分被测区域下不同组织电阻抗特性的差异，有时需要将多种阻抗信息综合分析。即将电阻抗图像特征差异，频谱特性差异，一维阻抗变化趋势差异综合分析，根据综合分析结果区分不同组织的电阻抗特性差异。

图 7 是图像特征分析处理示例，图中 7A 是系统采集到的原始测量电阻抗实部图像，具有一个高亮度的噪声点，因为噪声点的存在淹没了图像中其它有用信息，采用滤波算法，可以将噪声点滤除使图像的有用信息还原。图 7B 是经过滤波后得到的图像，图像中亮斑区域对应高电导率目标体的成像，采用图像特征识别可以将图像中亮斑区域进行识别，以区分高电导率目标和低电导率目标，7C 是对原始图像进行特征分析后得到的图像。

图 8 是多频率下采集得到的多个图像。分别为在 200Hz, 500Hz, 1kHz, 5kHz, 10kHz, 20kHz 对应频率下得到的电阻抗实部和虚部的成像结果。从图中结果可以看到，电阻抗实部图像中的亮斑区域面积随着频率的增大而变小，对应的虚部成像结果中，随着频率的增大，亮斑区域消失。说明低频时区域内组织的电阻抗实部特性差异较大，随频率增大电阻抗的实部特性差异减小，因此在低频段可以较好的区分区域内的不同组织。

图 9 是多频率扫描下得到的乳房部位的电阻抗频谱特性曲线。图中显示了覆盖乳头组织的 EIS 数据的频率特性曲线，其中点连线表示周围正常组织中的某一电极位置的频率曲线，三角连线表示乳头组织的频率曲线。乳头组织的频率曲线在数值上与正常组织有显著的差异，且两条曲线在形状上

也有较大的差别。乳头组织的电导实部和幅值整体较大，且在频率较高时，其上升的斜率显著变小，趋于饱和；乳头组织的电导虚部在低频时($f < 3000\text{Hz}$)高于正常组织相比，而在高频时则下降到正常组织以下，出现两条曲线的交叉；且其转折频率($f = 992\text{Hz}$)明显较低；乳头组织的电导相位曲线不是先下降再上升，而是一直单调上升。

图 10 是电极-皮肤接触阻抗变化对应的一维电阻抗特性曲线。图 10A 和图 10B 分别为电极阵列中两个电极单元对应的一维电阻抗特性曲线。在图 10A 中可以看到，随着时间的增大，该电极单元上测得的一维电阻抗模值增加，原因在于电极和被测物体表面之间的导电膏变干，导致接触阻抗增大，因此得到如图 10A 所示的一维电阻抗曲线。而图 10B 中的一维电阻抗曲线则较平缓，说明随时间变化，该电极单元测得的电阻抗值无明显变化。因为系统可以同时测得电极阵列中每个电极单元对应的一维电阻抗特性曲线，所以在分析时，可以综合多个曲线的特征，或者进行一定的运算得到更具特征的反应阻抗变化的曲线。图 11 即是将两个电极得到的电阻抗模值进行相减后，其差值相对于一个原始测量值的变化量对应的曲线。从曲线可以看到此曲线可以反应电阻抗随心跳的变化，可以解释为心脏的泵血使检测电极单元下对应的供血丰富的组织的电阻抗模值降低。

本发明与现有技术相比具有以下技术效果：

在现有的用于生物组织的电阻抗扫描检测方法中，未采用实时成像技术，对感兴趣区域是通过多次单帧测量，最后保留一幅满意图像，因为缺乏实时成像提示，这种检测方法偶然性大，常常因为电极阵列和目标体表面接触不好，而需要反复测量。同时现有电阻抗扫描检测方法在提取生物体（如人体）被测区域电阻抗信息时，只关注对某一固定频率下的图像，或者多种频率下分别得到的独立图像。并未将多频下测得的电阻抗谱曲线结合图像信息进行分析，也未将一维电阻抗信息结合进行分析，这样就使一些可利用的

电阻抗特征信息没有被挖掘和综合使用。本发明采用实时成像的方式进行测量，操作者可以在图像提示下冻结感兴趣的图像，减少了检测的偶然性。同时系统将被测区域内组织的电阻抗图像信息，多频谱曲线特性以及一维实时电阻抗信息相结合进行分析，可以为区分不同电阻抗特性的组织提供充分的信息，提高区分不同组织的能力。

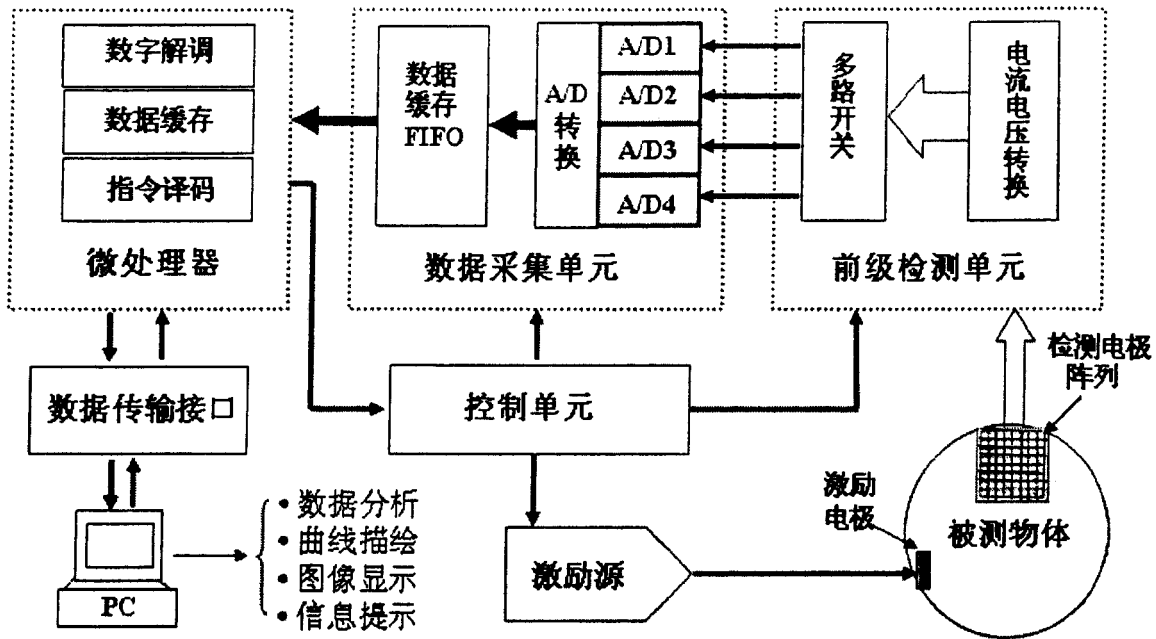


图 1

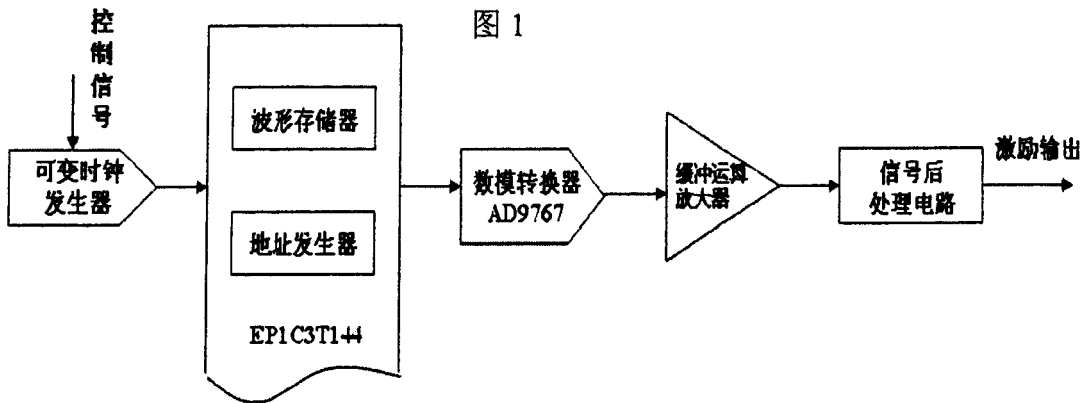


图 2

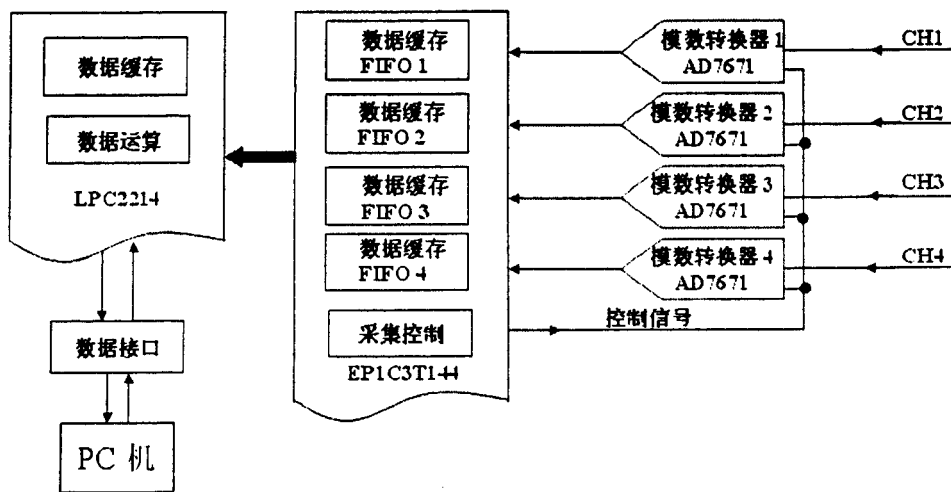


图 3

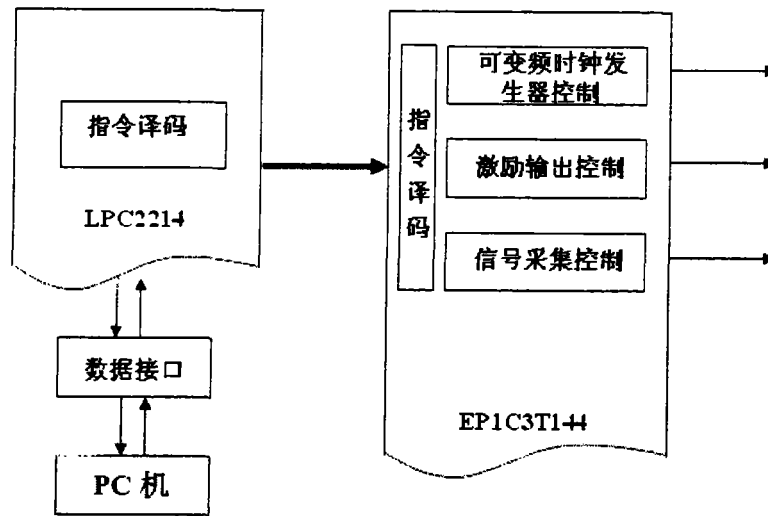


图 4

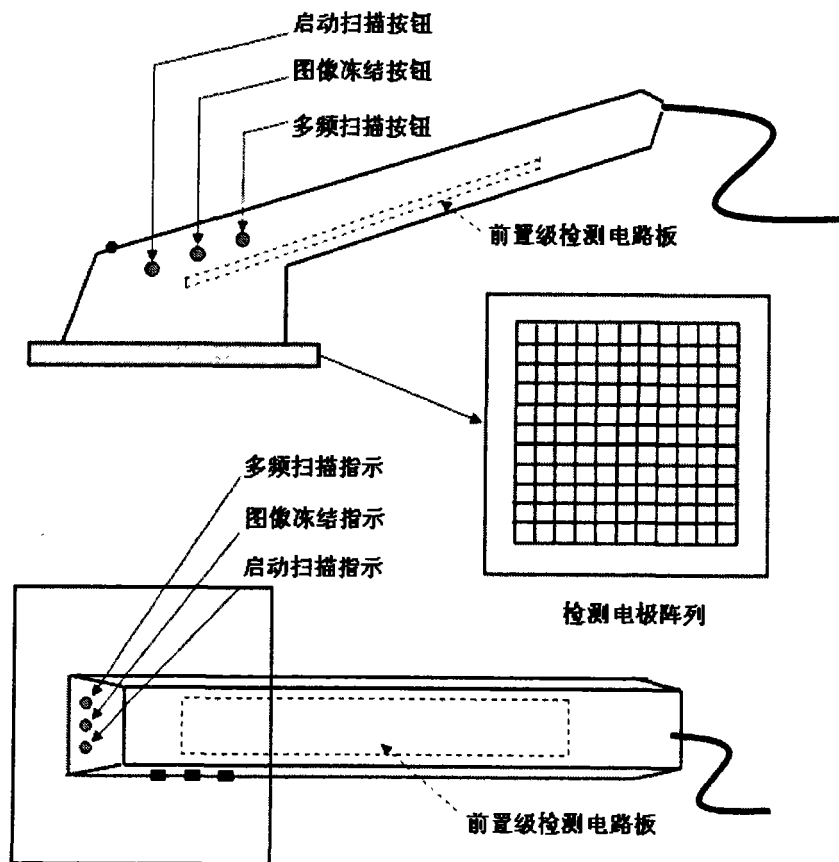


图 5

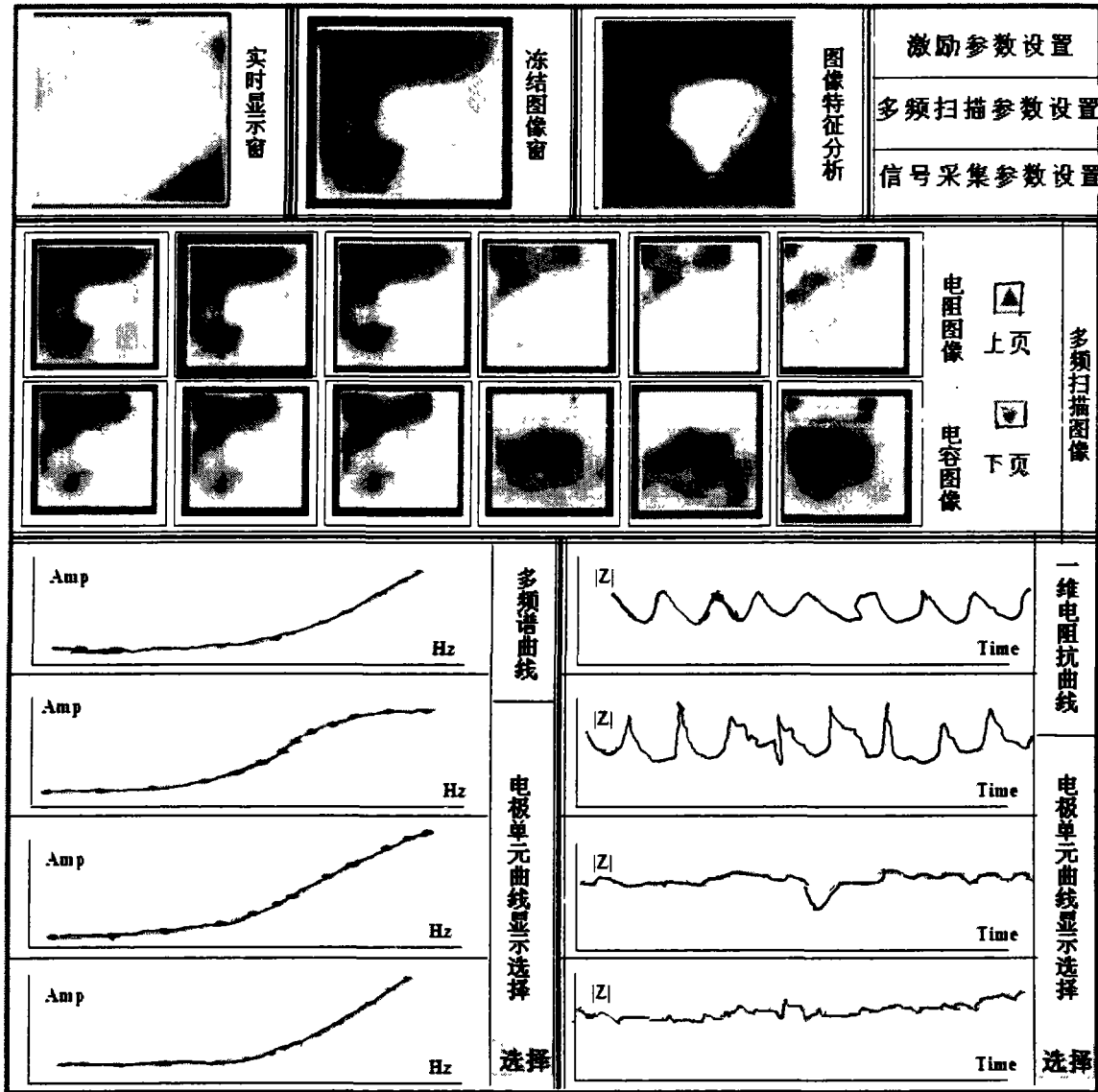


图 6

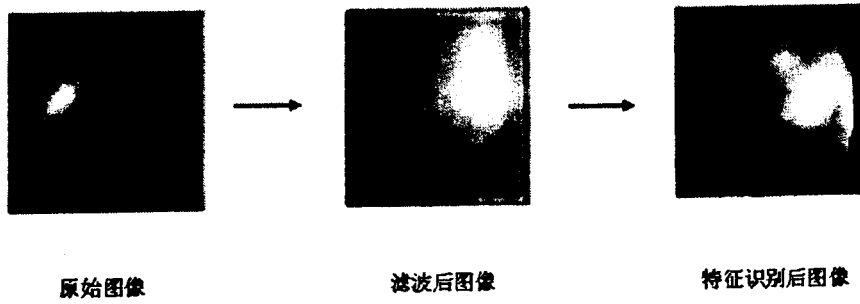


图 7A

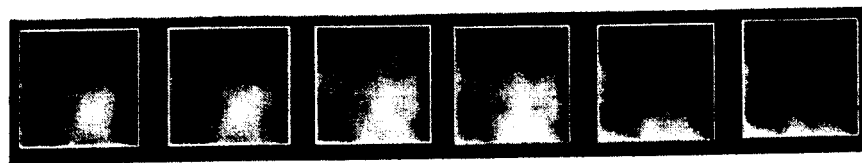
图 7B

图 7C

200Hz 500Hz 1kHz 5kHz 10kHz 20kHz



实部图像



虚部图像

图 8

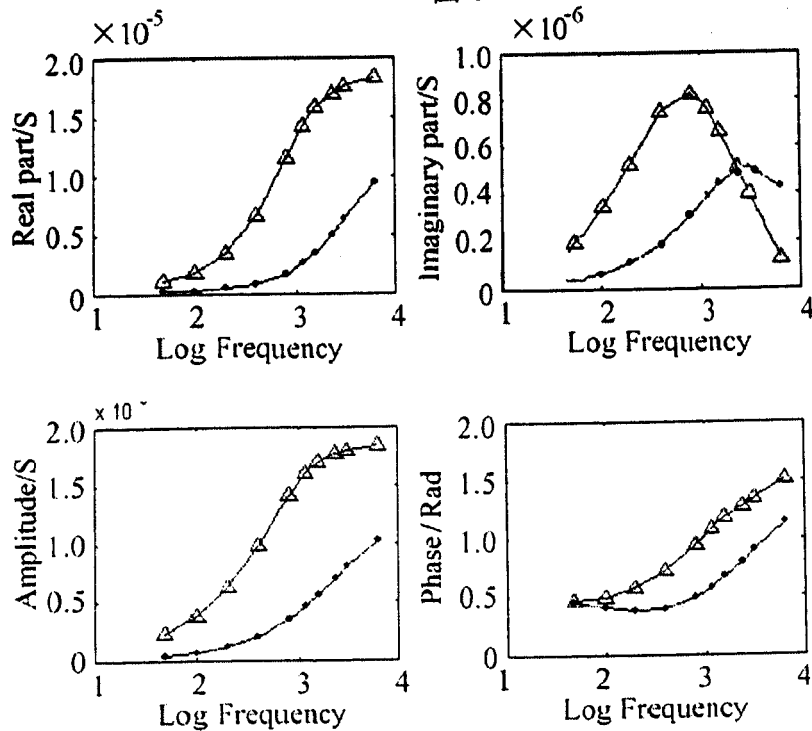


图 9

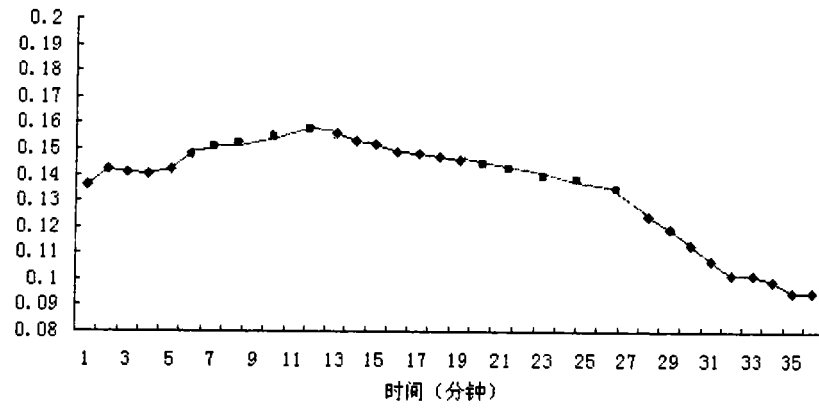


图 10A

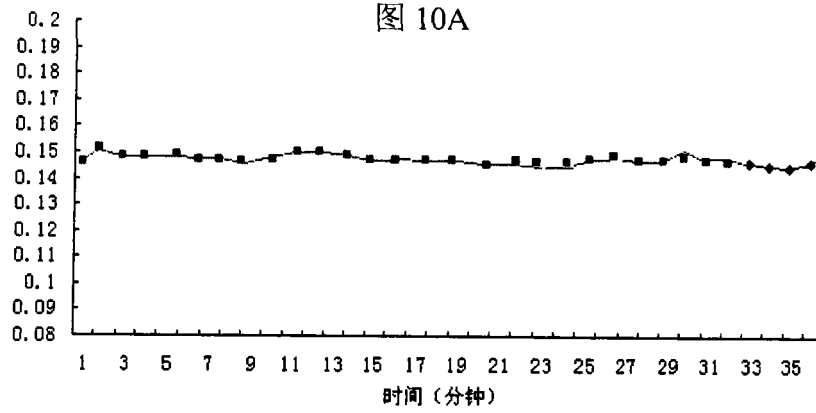


图 10B

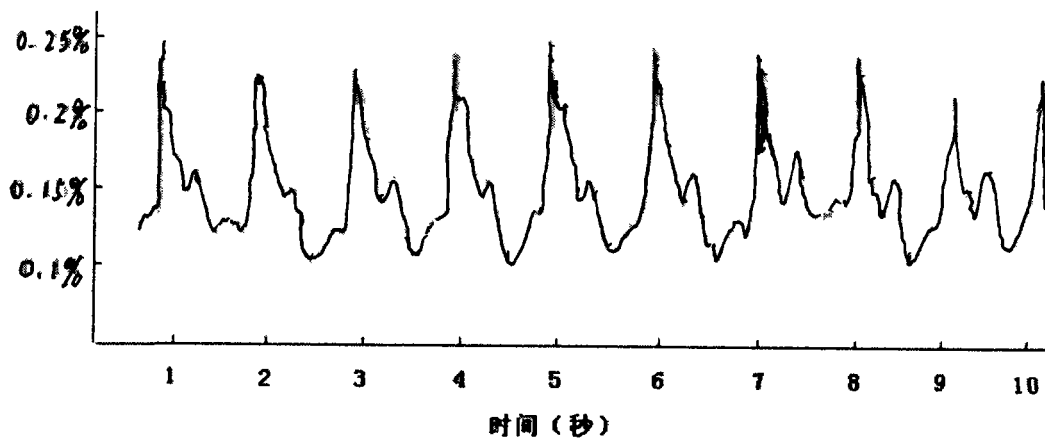


图 11

专利名称(译)	实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统及方法		
公开(公告)号	CN101156776A	公开(公告)日	2008-04-09
申请号	CN200710018677.8	申请日	2007-09-17
[标]申请(专利权)人(译)	中国人民解放军第四军医大学		
申请(专利权)人(译)	中国人民解放军第四军医大学		
当前申请(专利权)人(译)	中国人民解放军第四军医大学		
[标]发明人	董秀珍 付峰 史学涛 刘锐岗 尤富生 季振宇 王侃		
发明人	董秀珍 付峰 史学涛 刘锐岗 尤富生 季振宇 王侃		
IPC分类号	A61B5/053 A61B5/00		
其他公开文献	CN100508880C		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种实时多信息提取的电阻抗扫描检测系统及方法，系统包括PC机、数据传输接口模块、微处理器、控制模块、数据采集模块、前级检测模块、激励源和激励电极；检测电极阵列提取检测信号，并将信号送入前级检测模块，检测信号经电流电压转换模块后通过多路开关送入数据采集单元的对应的A/D模数转换器和数据缓存模块，由数据缓存模块进入微处理器；PC机通过传输接口模块与微处理器模块进行数据传输，发出控制命令或接收数据；PC机内有支持数据分析、曲线描绘、图像显示和信息提示的软件；进而得到被测目标体的实时电阻抗信息、多频阻抗信息及一维阻抗特性。具有检测精度高、处理速度快、抗噪能力强等优点。

