



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107569215 A

(43)申请公布日 2018.01.12

(21)申请号 201711076018.X

(22)申请日 2017.11.06

(71)申请人 长春国科医工科技发展有限公司
地址 130033 吉林省长春市经开区仙台大街2686号

(72)发明人 王方雨

(74)专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司 22001

代理人 马守忠

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/1455(2006.01)

A61B 5/0205(2006.01)

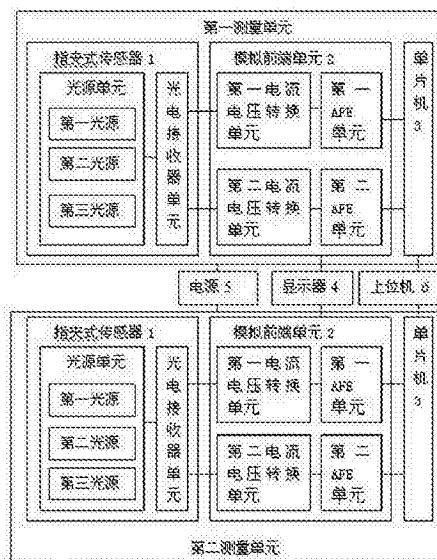
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种无创肝功能多参数测量装置与检测方法

(57)摘要

本发明提供了一种无创肝功能多参数测量装置与检测方法。该测量装置有两路相同的测量单元,指夹式传感器发射三种波长的光且与模拟前端单元相连,模拟前端单元与单片机相连,显示器与单片机的I/O口相连接,电源为系统提供电,单片机均与上位机连接,所述的上位机内存储和运行操作软件;检测方法利用生物组织对不同波长的光吸收特性之间的数学关系,建立方程组,将生物组织里的成分变化转换为待求的线性回归方程的系数,求得ICG色素15分钟滞留率,及血氧饱和度、脉搏心率等参数无创检测。测量的脉率为30bpm~300bpm,精度能达到±2bpm;血氧饱和度值为70%-100%,精度为±2digit;ICG色素精度为±5%,具有高精度和高稳定性,为肝储备功能及手术风险评估提供可靠装置和方法。



CN 107569215 A

1. 一种无创肝功能多参数测量装置,其特征在于有两路测量单元,两路测量单元结构相同且共用一个显示器(4);每路测量单元的指夹式传感器(1)与模拟前端单元(2)相连;模拟前端单元(2)通过I2C总线与单片机(3)相连;显示器(4)与单片机(3)的I/O口相连接;电源(5)为系统提供稳定的直流电,单片机(3)均与上位机(6)连接,所述的上位机(6)是一台工控机,上位机(6)内存储和运行操作软件;

所述的指夹式传感器(1)有光源单元和光电接收器单元,所述的光源单元有三个光源,每个光源分别发射1个波长的光信号,波长分别是660nm,805nm,940nm,从食指、中指、无名指中,选二个手指分别夹上1路指夹式传感器(1);所述的光电接收器用于接收光源透射过人体手指之后的光信号,并将光信号转换为电流信号;

所述的模拟前端单元(2)有两个结构分别相同的电流电压转换单元和两个AFE单元;所述的电流电压转换单元接收指夹式传感器(1)的光电接收器输出的电流信号,并将其转换为电压信号;AFE单元通过I2C总线与单片机(3)通信,单片机(3)接收到模拟前端单元(2)发送的数据,单片机(3)把模拟前端单元(2)的电流电压转换单元转换的电压信号进行数据处理,算出光源透过手指后光电接收器接收到的信号量;控制模拟前端单元(2)接收单片机(3)指令,AFE单元控制光源的驱动电流、点亮时间和内置放大器的增益;同时,AFE单元完成信号的模数转换并通过I2C总线,将数据主动发送给显示器(4)显示吸收光谱信号数据;注入ICG后,上位机通过软件检测血液中ICG的含量;上位机通过软件对接收到的光谱信号去除背景噪音,分区段进行最小二乘法拟合模型系数,通过公式1、2计算血氧饱和度 SpO_2 、通过公式3、4、5计算ICG色素15分钟滞留率(简称R15),计算每路测量单元的测量值与每一路测量值的权值,对两路测量值加权运算后得到最终测量结果;将最终测量结果、计算的血氧饱和度和、R15、ICG浓度回归曲线在显示器(4)上显示;所述的两个电流电压转换单元为第一电流电压转换单元和第二电流电压转换单元,两个AFE单元为第一AFE单元和第二AFE单元;

计算血氧饱和度 SpO_2 的公式1、2如下:

$$SpO_2 = a + b * \Phi \tag{1}$$

$$\Phi = \frac{\frac{AC_{660}}{DC_{660}} + \frac{AC_{700}}{DC_{700}} + \frac{AC_{750}}{DC_{750}} + \frac{AC_{810}}{DC_{810}} + \frac{AC_{830}}{DC_{830}}}{\frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}}} \tag{2}$$

其中,公式2中的AC和DC分别为对应波长光源的直流分量与交流分量, Φ 定义为交流与直流比的线性累加和;公式1中的a和b为标定常数,可以通过血氧饱和仪对本设备做测量标定,得到其值;

R15的计算公式3如下:

$$R15\% = e^{BT} \tag{3}$$

其中,T为时间,B由线性回归方程求得,分区段后,即为i区段的 R_{15} 值;

$$\Delta \text{LogCL}_1 = \alpha_1 * \Delta \text{LogCL}_2 \quad 4$$

$$\text{cg} = \beta(\alpha_t - \alpha_0) = A_1 * e^{B_1 T} \quad 5$$

其中,公式4的 CL_1 和 CL_2 是指夹式传感器的不同波长光电转换信号;公式5的cg是和R15相关的浓度系数, β 为常数项; α_t 为t时刻的ICG色素值, α_0 为t=0时注射ICG色素值;采用最小二乘法,线性回归分析求得数学模型中的系数项 A_1 与 B_1 的值。

2.一种无创肝功能多参数测量装置,其特征在于其检测方法的步骤和条件如下:

(1)装置上电后,指夹式传感器(1)的光源发射出3个波长的光信号,把两个指夹式传感器(1)夹到食指、中指和无名指中选出的二个手指上,手指接触良好,上位机软件设置电流与通道增益参数,调节光信号的幅值后,开始数据采集,通过软件判断数据有效性;

(2)上位机在接收到光谱信号数据后,自动将前30秒数据截取舍弃,不参与数据运算,从30秒之后的光谱信号数据参与运算;

(3)上位机通过软件对接收到的数据信号进行滤波;

(4)上位机通过软件对接收到的光谱信号自适应幅值、频谱计算;

(5)看到显示器显示的两路脉搏信号平稳后,1分钟内注入配制好的ICG色素;

(6)注入ICG后,上位机实时检测血中ICG的含量,通过软件分析收到的数据信号,通过信号变化,可以检测到突变点;

(7)上位机通过软件对接收到的光谱信号去除背景噪音,分区计算每个时间段的光谱信号;

(8)分区间进行最小二乘法、线性回归分析求得数学模型中的系数项的值,计算每路测量单元测量值与每一路测量值的加权值,对两路路测量单元测量值加权运算后,得到最终测量结果;通过公式1、2计算血氧饱和度 SpO_2 、通过公式公式3计算R15的值,涉及的公式4、5如权利要求1所述;

(9)将最终测量结果、血氧饱和度、ICG浓度回归曲线在显示器(4)上显示。

一种无创肝功能多参数测量装置与检测方法

技术领域

[0001] 本发明装置属于医疗器械技术领域,具体涉及一种无创肝功能多参数测量装置与检测方法。将吲哚菁绿(ICG)色素注入到患者血液里,通过测量ICG色素在规定时间内血液里的代谢情况,来评价患者肝储备功能的能力。技术原理上是基于光谱测量原理建立测量模型,并采用数字信号滤波处理算法,计算出心率、血氧饱和度、ICG色素浓度等参数。

背景技术

[0002] 肝脏疾病是一种恶性传染疾病。近年来我国患有肝病的人数达到3000万,慢性肝病病毒携带者达到1.2亿。肝储备功能是指人体肝脏细胞最大功能的总和。肝储备功能检测可以直观地反映有效肝细胞的水平。在对肝脏进行手术之前,做肝储备功能分析测量,可以有效地评估手术风险,降低手术死亡率。传统的肝储备测量方法,多是基于采血化学分析检测法。这种方法缺点明显,有创伤、化验时间长、患者疼痛、极容易感染医护人员。

[0003] 目前,无创肝功能多参数测量装置与方法还不能满足肝储备功能分析测量需要,无法克服实际应用中存在的脉搏波信号强度弱、信噪混频严重、传统低通滤波难以完整滤除噪声或过度去噪后导致提取信号信息丢失的问题。

发明内容

[0004] 为了解决已有技术存在的问题,本发明提供了一种无创肝功能多参数测量装置与检测方法。将吲哚菁绿(ICG)色素注入到患者血液里,通过测量ICG色素在规定时间内血液里的代谢情况,来评价患者肝储备功能的能力。技术原理上是基于光谱测量原理建立测量模型,并采用数字信号滤波处理算法,计算出心率、血氧饱和度、ICG色素15分钟滞留率(简称R15)、ICG色素浓度等参数,以图象和数字形式显示出来,实现了肝储备功能的快捷、定量测定。

[0005] 本发明提供的一种无创肝功能多参数测量装置有两路测量单元,两路测量单元结构相同且共用一个显示器;每路测量单元的指夹式传感器与模拟前端单元相连;模拟前端单元通过I2C总线与单片机相连;显示器与单片机的IO口相连接;电源为系统提供稳定的直流电,单片机均与上位机连接,所述的上位机是一台工控机,上位机内存储和运行操作软件;

所述的指夹式传感器有光源单元和光电接收器单元,所述的光源单元有三个光源,每个光源分别发射1个波长的光信号,波长分别是660nm,805nm,940nm,从食指、中指、无名指中选二个手指分别夹上1路指夹式传感器;所述的光电接收器用于接收光源透射过人体手指之后的光信号,并将光信号转换为电流信号;

所述的模拟前端单元有两个结构分别相同的电流电压转换单元和两个AFE单元(AFE为主动前端的缩写);所述的电流电压转换单元接收指夹式传感器的光电接收器输出的电流信号,并将其转换为电压信号;AFE单元通过I2C总线与单片机通信,单片机接收到模拟前端单元发送的数据,单片机把模拟前端单元的电流电压转换单元转换的电压信号进行数据

处理,算出光源透过手指后光电接收器接收到的信号量;控制模拟前端单元接收单片机指令,AFE单元控制光源的驱动电流、点亮时间和内置放大器的增益;同时,AFE单元完成信号的模数转换并通过I2C总线,将数据主动发送给显示器显示吸收光谱信号数据;注入ICG后,上位机通过软件检测血液中ICG的含量;上位机通过软件对接收到的光谱信号去除背景噪音,分区段进行最小二乘法拟合模型系数,通过公式1、2计算血氧饱和度 SpO_2 、通过公式3、4、5计算ICG色素15分钟滞留率(简称R15),计算每路测量单元的测量值与每一路测量值的权值,对两路测量值加权运算后得到最终测量结果;将最终测量结果、计算的血氧饱和度、R15、ICG浓度回归曲线在显示器上显示;所述的两个电流电压转换单元为第一电流电压转换单元和第二电流电压转换单元,两个AFE单元为第一AFE单元和第二AFE单元;

计算血氧饱和度 SpO_2 的公式1、2如下:

$$SpO_2 = a + b * \Phi \quad 1$$

$$\Phi = \frac{\frac{AC_{660}}{DC_{660}}}{\frac{AC_{940}}{DC_{940}}} + \frac{\frac{AC_{700}}{DC_{700}}}{\frac{AC_{940}}{DC_{940}}} + \frac{\frac{AC_{750}}{DC_{750}}}{\frac{AC_{940}}{DC_{940}}} + \frac{\frac{AC_{810}}{DC_{810}}}{\frac{AC_{940}}{DC_{940}}} + \frac{\frac{AC_{830}}{DC_{830}}}{\frac{AC_{940}}{DC_{940}}} \quad 2$$

其中,公式2中的AC和DC分别为对应波长光源的直流分量与交流分量, Φ 定义为交流与直流比的线性累加和;公式1中的a和b为标定常数,可以通过血氧饱和仪对本设备做测量标定,得到其值。

[0006] ICG色素15分钟滞留率(简称R15)的计算公式3如下:

$$R15\% = e^{BT} \quad 3$$

其中,T为时间,B由线性回归方程求得,分区段后,即为i区段的 B_i 值;

$$\Delta \text{Log}CL_1 = \alpha_1 * \Delta \text{Log}CL_2 \quad 4$$

$$cg = \beta(\alpha_t - \alpha_0) = A_1 * e^{B_1 T} \quad 5$$

其中,公式4的 CL_1 和 CL_2 是指夹式传感器的不同波长光电转换信号;公式5的cg是和R15相关的浓度系数, β 为常数项; α_t 为t时刻的ICG色素值, α_0 为t=0时注射ICG色素值;采用最小二乘法,线性回归分析求得数学模型中的系数项 A_1 与 B_1 的值。

[0007] 本发明的一种无创肝功能多参数测量装置的测量方法如下:

(1)装置上电后,指夹式传感器的光源发射出3个波长的光信号,把两个指夹式传感器夹到食指、中指和无名指中选出的二个手指上,手指接触良好,上位机软件设置电流与通道增益参数,调节光信号的幅值后,开始数据采集,通过软件判断数据有效性;

(2)上位机在接收到光谱信号数据后,自动将前30秒数据截取舍弃,不参与数据运算,从30秒之后的光谱信号数据参与运算;

(3)上位机通过软件对接收到的数据信号进行滤波;

(4)上位机通过软件对接收到的光谱信号自适应幅值、频谱计算;

(5)看到显示器显示的两路脉搏信号平稳后,1分钟内注入配制好的ICG色素;

(6) 注入ICG后,上位机实时检测血中ICG的含量,通过软件分析收到的数据信号,通过信号变化,可以检测到突变点;

(7) 上位机通过软件对接收到的光谱信号去除背景噪音,分区计算每个时间段的光谱信号;

(8) 分区间进行最小二乘法、线性回归分析求得数学模型中的系数项的值,计算每路测量单元测量值与每一路测量值的加权值,对两路路测量单元测量值加权运算后,得到最终测量结果;通过公式1、2计算血氧饱和度 SpO_2 、通过公式公式3计算 $R15$ 的值,涉及的公式4、5如上所述;

(9) 将最终测量结果、血氧饱和度、ICG浓度回归曲线在显示器4上显示。

[0008] 使用分区间线性回归求解系数和多路测量ICG浓度,可以极大的提高设备的测量精度,满足检测需要。

[0009] 有益效果:本发明的一种无创肝功能多参数测量装置与方法,有三种波长的光,照射到生物组织上,例如手指、耳朵,生物组织中的血液、肌肉、注入的色素对三种波长的光的吸收特性不同,利用生物组织对不同波长的光吸收特性之间的数学关系,建立方程组,将生物组织里的成分变化转换为待求的线性回归方程的系数,进而求得ICG色素15分钟滞留率,以及血氧饱和度、脉搏心率等参数。

[0010] 本发明的一种无创肝功能多参数测量装置是用三波长光源来检测血氧饱和度、脉率、ICG浓度的多参数测量装置,具有高精度、高稳定性的特点。在吉林大学第一医院肝脏科室做了临床实验,结果表明,本发明的装置测量的脉率在30bpm~300bpm范围内,精度能达到 ± 2 bpm;血氧饱和度值在70%~100%范围内,精度能达到 ± 2 digit;ICG色素精度能达到 $\pm 5\%$ 。

[0011] 与现有技术相比,本发明利用脉搏分光光度方法实现了ICG浓度的无创检测,采用自适应滤除生理及测量干扰影响,检测方法无创伤、准确且精度高,能够有效解决脉搏波信号强度弱、信噪混频严重、传统低通滤波难以完整滤除噪声或过度去噪后导致提取信号信息丢失的问题。本发明能够完整保留检测结果所需有用信息,可以广泛用于肝功能、血氧饱和度、脉率、ICG浓度测量,这几个参数可以很好的反应肝储备能力、血液携带输送氧气的的能力,为肝储备功能评估及手术风险评估提供可靠参数。

附图说明

[0012] 图1是本发明测量装置的测量单元结构框图。

[0013] 图2是本发明的流程图。

[0014] 图3为一次临床检验过程采集的全部信号数据图。

[0015] 图4原始实验数据的对比实验的误差分布图。

具体实施方式

[0016] 实施例1 如图1所示,一种无创肝功能多参数测量装置有两路测量单元,两路测量单元结构相同且共用一个显示器4;每路测量单元的指夹式传感器1与模拟前端单元2相连;模拟前端单元2通过I2C总线与单片机3相连;显示器4与单片机3的I/O口相连接;电源5为系统提供稳定的直流电,单片机3均与上位机6连接,所述的上位机6是一台工控机,上位机6内

存储和运行操作软件；

所述的指夹式传感器1有光源单元和光电接收器单元，所述的光源单元有三个光源，每个光源分别发射1个波长的光信号，波长分别是660nm,805nm,940nm，从食指、中指、无名指中，选二个手指分别夹上1路指夹式传感器1；所述的光电接收器用于接收光源透射过人体手指之后的光信号，并将光信号转换为电流信号；

所述的模拟前端单元2有两个结构分别相同的电流电压转换单元和两个AFE单元(AFE为主动前端的缩写)；所述的电流电压转换单元接收指夹式传感器1的光电接收器输出的电流信号，并将其转换为电压信号；AFE单元通过I2C总线与单片机3通信，单片机3接收到模拟前端单元2发送的数据，单片机3把模拟前端单元2的电流电压转换单元转换的电压信号进行数据处理，算出光源透过手指后光电接收器接收到的信号量；控制模拟前端单元2接收单片机3指令，AFE单元控制光源的驱动电流、点亮时间和内置放大器的增益；同时，AFE单元完成信号的模数转换并通过I2C总线，将数据主动发送给显示器4显示吸收光谱信号数据；注入ICG后，上位机通过软件检测血液中ICG的含量；上位机通过软件对接收到的光谱信号去除背景噪音，分区段进行最小二乘法拟合模型系数，通过公式1、2计算血氧饱和度 SpO_2 、通过公式3、4、5计算ICG色素15分钟滞留率(简称R15)，计算每路测量单元的测量值与每一路测量值的权值，对两路测量值加权运算后得到最终测量结果；将终测量结果、计算的血氧饱和度和、R15、ICG浓度回归曲线在显示器4上显示；所述的两个电流电压转换单元为第一电流电压转换单元和第二电流电压转换单元，两个AFE单元为第一AFE单元和第二AFE单元；

计算血氧饱和度 SpO_2 的公式1、2如下：

$$SpO_2 = a + b \cdot \Phi \quad 1$$

$$\Phi = \frac{\frac{AC_{660}}{DC_{660}} + \frac{AC_{700}}{DC_{700}} + \frac{AC_{750}}{DC_{750}} + \frac{AC_{810}}{DC_{810}} + \frac{AC_{830}}{DC_{830}}}{\frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}} + \frac{AC_{940}}{DC_{940}}} \quad 2$$

其中，公式2中的AC和DC分别为对应波长光源的直流分量与交流分量， Φ 定义为交流与直流比的线性累加和；公式1中的a和b为标定常数，可以通过血氧饱和仪对本设备做测量标定，得到其值。

[0017] ICG色素15分钟滞留率(简称R15)的计算公式3如下：

$$R15\% = e^{BT} \quad 3$$

其中，T为时间，B由线性回归方程求得，分区段后，即为i区段的 B_i 值；

其中，公式4的 CL_1 和 CL_2 是指夹式传感器的不同波长光电转换信号；公式5的 c_g 是和R15相关的浓度系数， β 为常数项； A_t 为t时刻的ICG色素值， A_0 为t=0时注射ICG色素值；采用最小二乘法，线性回归分析求得数学模型中的系数项 A_i 与 B_i 的值。

[0018] 本发明的一种无创肝功能多参数测量装置的测量方法如下：

(1)装置上电后，指夹式传感器1的光源发射出3个波长的光信号，把两个指夹式传感器1夹到食指、中指和无名指中选出的二个手指上，手指接触良好，上位机6的软件设置电流与

通道增益参数,调节光信号的幅值后,开始数据采集,通过软件判断数据有效性;

(2)上位机6在接收到光谱信号数据后,自动将前30秒数据截取舍弃,不参与数据运算,从30秒之后的光谱信号数据参与运算;

(3)上位机6通过软件对接收到的数据信号进行滤波;

(4)上位机6通过软件对接收到的光谱信号自适应幅值、频谱计算;

(5)看到显示器显示的两路脉搏信号平稳后,1分钟内注入配制好的ICG色素;

(6)注入ICG后,上位机6实时检测血中ICG的含量,通过软件分析收到的数据信号,通过信号变化,可以检测到突变点;

(7)上位机6通过软件对接收到的光谱信号去除背景噪音,分区计算每个时间段的光谱信号;

(8)分区间进行最小二乘法、线性回归分析求得数学模型中的系数项的值,计算每路测量单元测量值与每一路测量值的加权值,对两路路测量单元测量值加权运算后,得到最终测量结果;通过公式1、2计算血氧饱和度 SPO_2 、通过公式公式3计算R15的值,涉及的公式4、5如上所述;

(9)将最终测量结果、血氧饱和度、ICG浓度回归曲线在显示器4上显示。

[0019] 使用分区间线性回归求解系数和多路测量ICG浓度,可以极大的提高设备的测量精度,满足检测需要。

[0020] 本发明的软件流程如图2所示:

进行步骤100,开始,向单片机发送控制指令,初始化;

进行步骤105,指夹式传感器的光源发射出3波长光信号;

进行步骤110,把两路指夹式传感器分别夹到两个手指上,接触良好,上位机接收到的脉搏信号波形可判断指夹是否夹好;否,继续进行步骤110;是,进行步骤115;

进行步骤115,上位机通过软件设置电流与通道增益参数,调节光信号的幅值后,开始数据采集,上位机接收采集到的光谱信号后截取前30秒的信号,舍弃掉,从30秒之后的光谱信号数据参与运算;

进行步骤120,上位机通过软件对接收到的数据信号进行滤波;

进行步骤125,上位机通过软件对接收到的光谱信号自适应幅值、频谱计算;

进行步骤130,上位机通过软件分析收到的数据信号,通过信号变化,可以检测到突变点,即检测到注射ICG色素的时间;

进行步骤135,上位机通过软件对接收到的光谱信号去除背景噪音,分区计算每个时间段的光谱信号;

进行步骤140,上位机通过软件对接收到的光谱信号进行最小二乘法拟合模型系数;

进行步骤145,上位机通过软件计算血氧饱和度、R15;

进行步骤150,把血氧饱和度、R15值,在显示器上显示;

进行步骤155,结束。

[0021] 图3为本实施例的一次临床检验过程采集的全部信号数据图。其中横坐标为数据点序列号1-35000,采集信号频率为100HZ,纵坐标为转化为电信号的码值。从图中可以看出,注射ICG前后,横坐标0.6处,信号的幅值有较大的变化。

[0022] 用本发明的一种无创肝功能多参数测量装置在吉林大学第一医院肝脏科室做了

临床实验。采集病人数据300例,其中男士190名,女士110名。结果表明,本发明的装置测量的脉率在30bpm~300bpm范围内,精度能达到 ± 2 bpm;血氧饱和度值在70%~100%范围内,精度能达到 ± 2 digit;ICG色素精度能达到 $\pm 5\%$ 。

[0023] 图4为本实施例的实验数据的对比实验的误差分布图。每例病人的测量误差为测量值减去真值。横坐标为病人序号,纵坐标为误差值,误差分布图,可以说明设备的精度稳定性。由图4可以看出本发明的一种无创肝功能多参数测量装置的精度稳定性高。

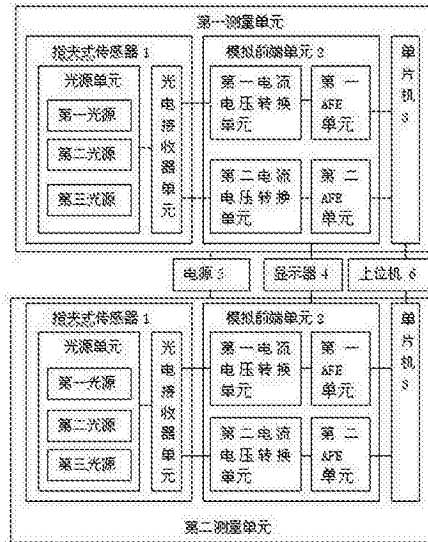


图1

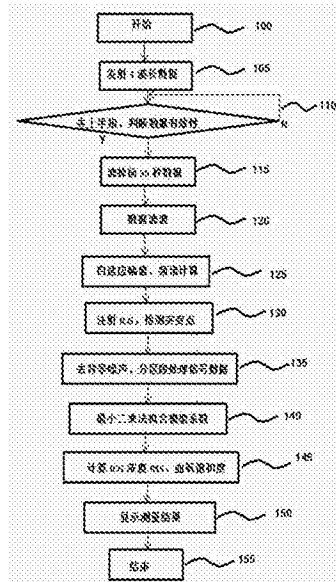


图2

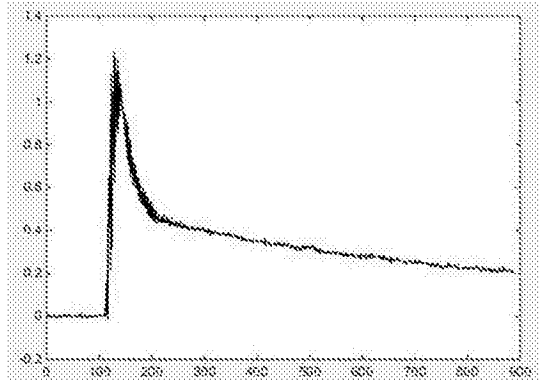


图3

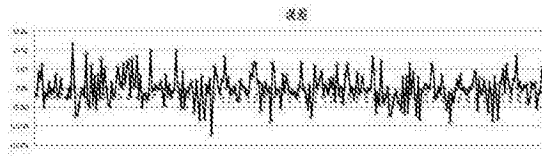


图4

专利名称(译)	一种无创肝功能多参数测量装置与检测方法		
公开(公告)号	CN107569215A	公开(公告)日	2018-01-12
申请号	CN2017111076018.X	申请日	2017-11-06
[标]发明人	王方雨		
发明人	王方雨		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/1455 A61B5/0205		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种无创肝功能多参数测量装置与检测方法。该测量装置有两路相同的测量单元，指夹式传感器发射三种波长的光且与模拟前端单元相连，模拟前端单元与单片机相连，显示器与单片机的IO口相连，电源为系统提供电，单片机均与上位机连接，所述的上位机内存储和运行操作软件；检测方法利用生物组织对不同波长的光吸收特性之间的数学关系，建立方程组，将生物组织里的成分变化转换为待求的线性回归方程的系数，求得ICG色素15分钟滞留率，及血氧饱和度、脉搏心率等参数无创检测。测量的脉率为30bpm~300bpm，精度能达到 ± 2 bpm；血氧饱和度值为70%-100%，精度为 ± 2 digit；ICG色素精度为 $\pm 5\%$ ，具有高精度和高稳定性，为肝储备功能及手术风险评估提供可靠装置和方法。

