



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A61B 5/02 (2018.05)

(21)(22) Заявка: 2017118132, 25.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.05.2017

Дата регистрации:
13.08.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 25.05.2017

(45) Опубликовано: 13.08.2018 Бюл. № 23

Адрес для переписки:
302040, Орловская обл., г. Орёл, ул.
Костомаровская, 5, кв. 159, ООО
"БИОФОТОНИКА"

(72) Автор(ы):

Дрёмин Виктор Владимирович (RU),
Маковик Ирина Николаевна (RU),
Жеребцов Евгений Андреевич (RU),
Жеребцова Ангелина Ивановна (RU),
Жарких Елена Валерьевна (RU),
Потапова Елена Владимировна (RU),
Дунаев Андрей Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"БИОФОТОНИКА" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2337608 C1, 10.11.2008. RU
2234242 C2, 20.08.2004. WO 2005045393 A2,
19.05.2005.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

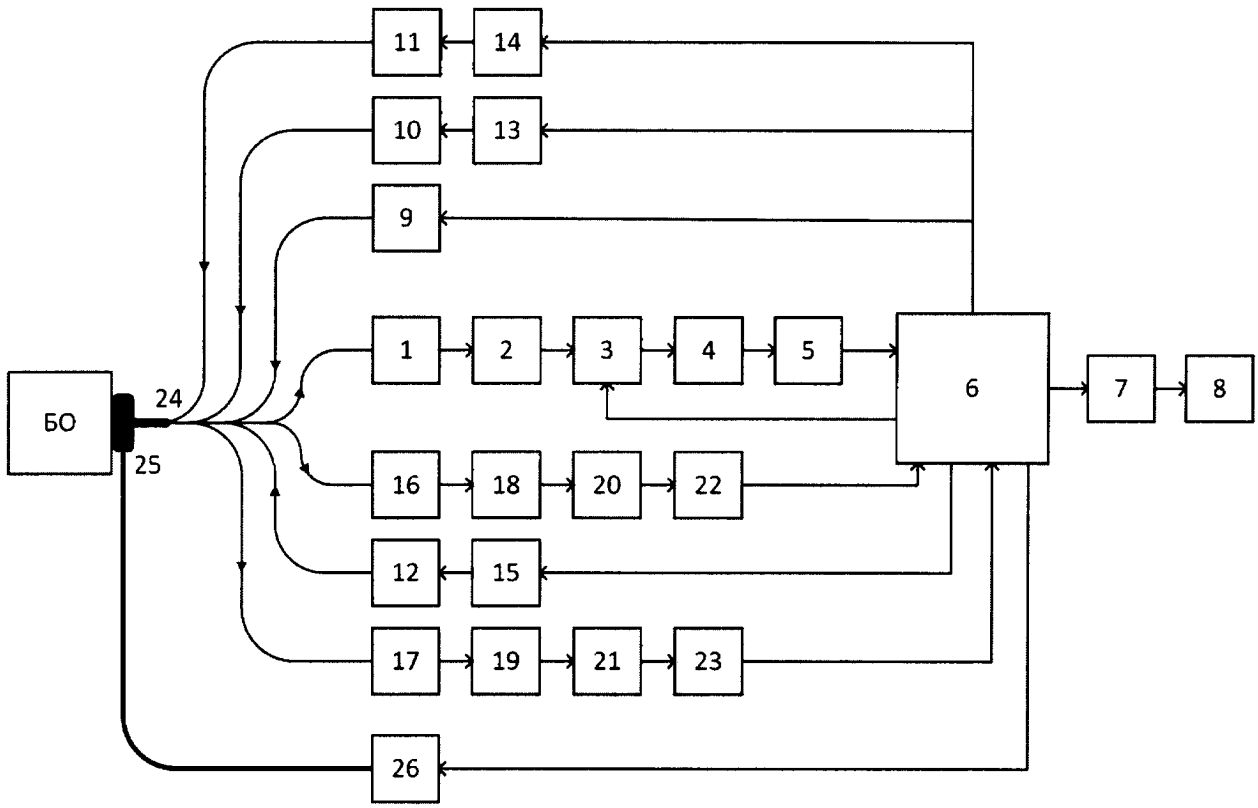
(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике. Устройство содержит лазерные излучатели с длинами волн 450 и 1064 нм, светодиод с длиной волны 365 нм и широкополосный источник излучения с диапазоном длин волн 360-2400 нм. Оптико-электронная система регистрации сигналов лазерной доплеровской флоуметрии выполнена в виде двух идентичных каналов регистрации доплеровского сигнала, каждый из которых включает последовательно соединенные фотоприемник, преобразователь ток-напряжение, усилитель, аналого-цифровой преобразователь. В свою очередь оптико-электронная система регистрации спектров флуоресценции и спектров диффузного отражения содержит полихроматор,

построенный по симметричной скрещенной схеме Черни-Тернера с плоской дифракционной решеткой и ПЗС приемником, усилитель, АЦП. Устройство содержит дополнительный канал температурного воздействия, построенный на элементе Пельтье, с соответствующим блоком управления, позволяющим менять полярность питающего напряжения. Приемные оптоволоконные линии, идущие к полихроматору и фотодиодам, собраны в жгут с разветвленной приборной и единой рабочей частью с общим наконечником, который непосредственно сопрягается с блоком Пельтье. Изобретение позволяет повысить точность и достоверность комплексной диагностики микроциркуляторно-тканевых нарушений биотканей человека. 2 ил.

RU 2 663 938 C1

RU 2 663 938 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
A61B 5/02 (2018.05)

(21)(22) Application: **2017118132, 25.05.2017**

(24) Effective date for property rights:
25.05.2017

Registration date:
13.08.2018

Priority:

(22) Date of filing: **25.05.2017**

(45) Date of publication: **13.08.2018** Bull. № 23

Mail address:

**302040, Orlovskaya obl., g. Orel, ul.
Kostomarovskaya, 5, kv. 159, OOO
"BIOFOTONIKA"**

(72) Inventor(s):

**Dremin Viktor Vladimirovich (RU),
Makovik Irina Nikolaevna (RU),
Zherebtsov Evgenij Andreevich (RU),
Zherebtsova Angelina Ivanovna (RU),
Zharkikh Elena Valerevna (RU),
Potapova Elena Vladimirovna (RU),
Dunaev Andrej Valerevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"BIOFOTONIKA" (RU)**

(54) **DEVICE FOR OPTICAL DIAGNOSTICS OF BLOOD SUPPLY AND LIFE SUPPORT OF BIO-TISSUES**

(57) Abstract:

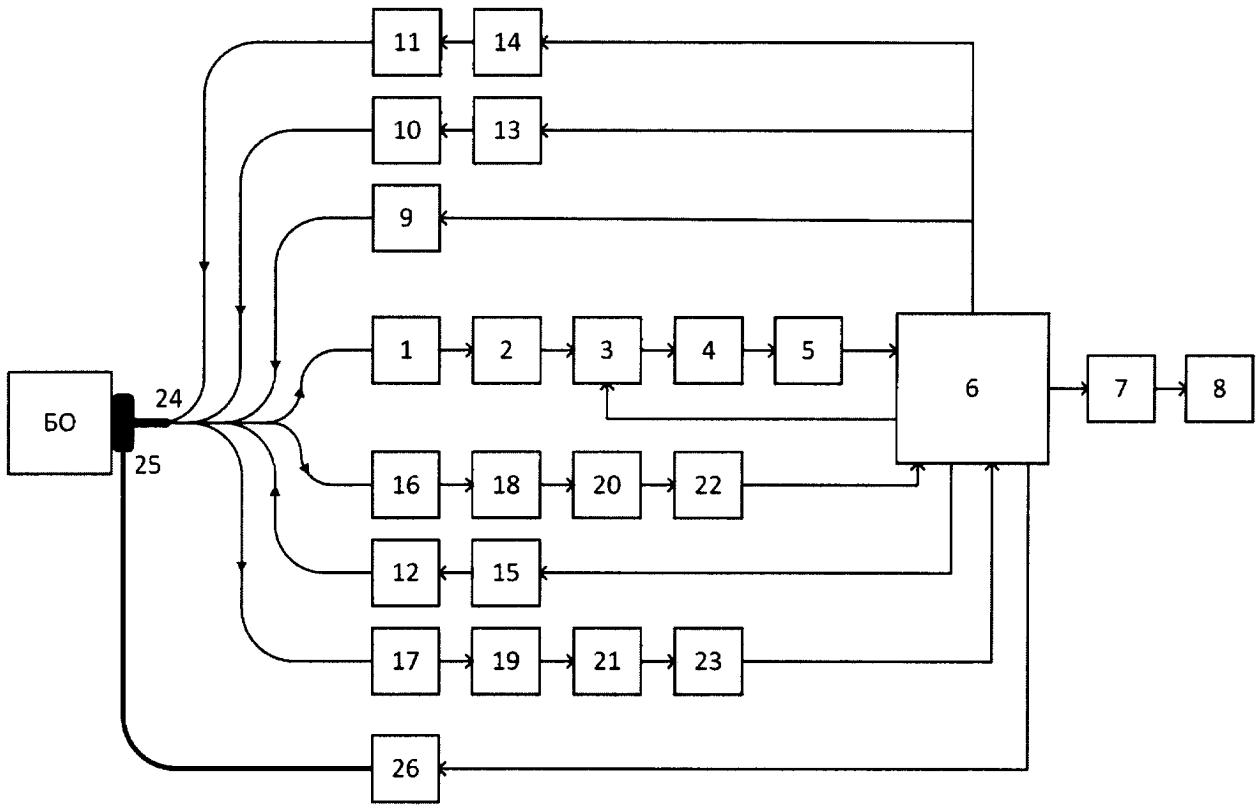
FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to the medical equipment. Device contains laser emitters with wavelengths of 450 and 1,064 nm, an LED with a wavelength of 365 nm and a broadband radiation source with a wavelength range of 360–2,400 nm. Optical-electronic system for recording the signals of laser Doppler flowmetry is made in the form of two identical channels for recording the Doppler signal, each of which includes a series-connected photodetector, a current-voltage converter, an amplifier, an analog-to-digital converter. In turn, the opto-electronic system for recording fluorescence spectra and diffuse reflection spectra contains a polychromator, built on a symmetric crossed scheme of Czerny-Turner with a plane

diffraction grating and a CCD sensor (charge-coupled device sensor), an amplifier, an analog to digital converter. Device contains an additional temperature effect channel, built on a Peltier element, with a corresponding control unit that allows to change the polarity of the supply voltage. Receiving fiber-optic lines going to the polychromator and photodiodes are assembled into a bundle with a branched instrument part and a single working part with a common tip that directly mates with the Peltier block.

EFFECT: invention makes it possible to increase the accuracy and reliability of the complex diagnosis of microcirculatory-tissue disorders of human bio-tissues.

1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области медицинского приборостроения, а именно к неинвазивным устройствам для диагностики параметров кровоснабжения и жизнеспособности биотканей, например, нижних конечностей пациентов с сахарным диабетом.

5 Системные микроциркуляторные нарушения играют ключевую роль в патогенезе осложнений различных заболеваний. Одним из перспективных направлений для неинвазивной диагностики кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей является применение оптических неинвазивных технологий в сочтанном виде (мультимодальный подход), то есть путем одновременной регистрации нескольких
10 диагностических параметров с помощью разных методов в практически одинаковом диагностическом объеме биоткани. Метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) дает возможность неинвазивно исследовать состояние микроциркуляторного русла (Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»; 2013, с. 496).
15 Дополнительные возможности в оценке изменений, происходящих в системе микроциркуляции крови, дает проведение спектрального анализа регистрируемого сигнала ЛДФ. Применение данного математического аппарата делает возможным анализ различных механизмов регуляции в широком диапазоне частот (0,0095-1,6 Гц).
20 В настоящее время выделяют несколько основных частотных диапазонов, учитывающих влияние различных механизмов регуляции, а именно, эндотелиальные (0,0095-0,02 Гц), отражающие NO - зависимые влияния, нейрогенные (0,021-0,046 Гц), отражающие влияние нейрогенной симпатической вазомоторной активности, общие миогенные (0,047-0,145 Гц), связанные с активностью гладкомышечных клеток сосудов, а также
25 пульсовые (0,8-1,6 Гц) и дыхательные (0,2-0,4 Гц), отражающие влияние сердечных сокращений и дыхания. В рамках общего миогенного диапазона выделяют колебания сенсорного пептидергического генеза 0,047-0,069 Гц и собственно миогенные 0,07-0,145 Гц.

Наряду с традиционным на сегодняшний день методом ЛДФ для исследования
30 микрососудистого русла представляется перспективным и более информативным совместно с ним применять метод флуоресцентной спектроскопии (ФС), хорошо зарекомендовавший себя во многих областях медицины (онкология, косметология и др.), для регистрации спектров флуоресценции различных коферментов биоткани (Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. - М.: Мир; 1986, с. 496 с.). При
35 анализе метаболической активности для оценки жизнеспособности биологических тканей важно оценивать концентрацию индикаторов окислительного фосфорилирования: восстановленного никотиноадениндинуклеотида (НАДН) и флавинадениндинуклеотида (ФАД) (Mokry M., Gal P. and et.al. Experimental study on predicting skin flap necrosis by fliorescence in the FAD and NADH bands during surgery // Photochem. Photobiol. - 2007. - v.
40 83, n. 5. - pp.1193-1196.). Однако за счет неравномерности пигментации кожи сигнал, полученный методом ФС, имеет большие вариации, которые можно уменьшить если проводить нормировку флуоресценции по отражению, используя данные метода спектроскопии диффузного отражения (СДО). Кроме того, метод СДО дает важную диагностическую информацию об оксигенации и кровенаполнении тканей, опирающуюся
45 на различиях в спектрах поглощения основных тканевых хромофоров - оксигемоглобина (HbO₂) и дезоксигемоглобина (Hb) (Lister, T., Wright, P.A., Chappell, P.H. Optical properties of human skin // J. Biomed. Opt. 2012. Vol. 17, №9. P. 90901-1.).

Более информативным и метрологически обоснованным направлением применения

методов оптической неинвазивной диагностики является применение функциональных тестов (провокационных проб). Это позволяет расширить диагностические возможности методов и оценивать не только общее функциональное состояние микроциркуляторного русла, но и его резервные и адаптивные возможности. Дополнительный диагностический потенциал параметров кровоснабжения и жизнеобеспечения тканей, в том числе при сахарном диабете, и выявлении факторов, способствующих развитию осложнений, дает применение локальных температурных проб.

Отсутствие в едином приборном варианте возможности одновременной регистрации амплитудно-частотного спектра ЛДФ, спектров ФС и СДО в практически одном диагностическом объеме не позволяет оперативно и эффективно проводить подобную диагностику кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей.

Известен способ определения конечных продуктов гликирования или патологического состояния с помощью регистрации флуоресценции тканей (патент США 8078243, МПК⁴ G01N 21/31, G01N 21/35, A61B 5/00, опубл. 13.12.11). Устройство для его реализации содержит оптико-волоконный зонд, который осуществляет передачу излучения от источников белого света и светодиодов, а также сбор отраженного света и вызванной флуоресценции кожи и передачу их на приемники излучения. Патологическое состояние биологических тканей, в том числе при диагностике осложнений сахарного диабета, определяется по интенсивности света, излучаемого тканью за счет флуоресценции. Кроме того, в способе предложен метод коррекции ошибок за счет контроля отражательной способности биоткани.

Недостатком данного устройства является отсутствие канала регистрации параметров состояния гемодинамических параметров кровотока, а именно, канала ЛДФ, а также связи с персональным компьютером, что исключает возможность автоматического управления, обработки большого массива данных в реальном масштабе времени с возможностью интерпретации результатов в форме «норма-патология», облегчающих работу врача.

Известен также волоконный флуоресцентно-отражательный многоканальный спектрометр (Kang Uk., Папаян Г.В., Березин В.Б., Петрищев Н.Н., Галагудза М.М. Спектрометр для флуоресцентно-отражательных биомедицинских исследований // Оптический журнал. 2013. Т. 80. №1. С. 56-67), который включает в себя светодиодный осветитель, генерирующий излучение в ближней ультрафиолетовой области с длиной волны 365 нм. Спектры флуоресценции регистрируются в области 400-750 нм, а спектры отражения - в области 350-750 нм. Регистрация спектров отражения позволяет проводить коррекцию показаний автофлуоресценции кожи, что способствует снижению ее зависимости от степени пигментации кожи.

Спектрометр для флуоресцентно-отражательных биомедицинских исследований обладает тем же существенным недостатком, что и предыдущий аналог, то есть отсутствует канал для измерения параметров микрогемоциркуляторного русла, а метаболическая активность, характеризующаяся изменением спектров флуоресценции основных флуорофоров НАДН и ФАД тесно связана с кровотоком в большинстве органов тела, что требует регистрации и анализа его параметров.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является диагностический комплекс для измерения медико-биологических параметров кожи и слизистых оболочек *in vivo* (патент РФ 2337608; МПК⁸ А61В 5/00, А61В 5/05, G01J 3/28, G01N 21/47, 2008 г.), содержащий блок источников первичного оптического излучения с разными длинами волн излучения, снабженный синхронизатором со встроенным генератором опорных сигналов, двоичным счетчиком импульсов и преобразователем двоичного кода в

позиционный, систему транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно, выполненную в виде жгута оптических волокон с разветвленной приборной и единой рабочей частью, оптико-электронную систему регистрации вторичного оптического излучения, состоящую из трех фотоприемников и снабженную разностным блоком формирования доплеровского сигнала, полихроматор с дифракционной решеткой и устройство сбора и трансляции данных в блок обработки результатов диагностики.

Однако в данном диагностическом устройстве блок источников излучения может содержать от 3 до 5 лазерных источников с длинами волн 350 нм, 405 нм, 532 нм, 632 нм и 805 нм. Несмотря на то, что авторы патента указывают на возможность определять наличие в биотканях липофуцина, меланина, общее объемное кровенаполнение тканей и т.д., отсутствие источника широкополосного источника излучения накладывает ограничения на диагностические возможности метода. Добавление в схему устройства широкополосного источника излучения позволит в полном объеме реализовать метод СДО, который даст представление о морфологической структуре и распределении основных хромофоров внутри биотканей; кожных патологиях; оптических характеристиках тканей различных отделов, в том числе слизистых пищевода, кишечника, яичников, которые, наряду с данными метода ФС могут служить маркерами развития онкологических заболеваний или осложнений при других болезнях, например, при сахарном диабете. Кроме того, устройство-прототип не содержит блока, позволяющего осуществлять локальные температурные пробы для исследования параметров микрогемодиализации и тканевого метаболизма.

Технической задачей настоящего решения является устранение указанных недостатков и разработка устройства для комплексной диагностики биологических тканей, позволяющего по непрерывной регистрации показателя микроциркуляции крови методом ЛДФ с одновременным измерением спектров флуоресценции и диффузного отражения в одном диагностическом объеме при проведении различных температурных проб, определять состояние кровоснабжения и жизнеобеспечения биотканей и выявлять таким образом нарушения адаптивных взаимосвязей и разные варианты взаимоотношений между микрогемодиализацией и метаболизмом при различных заболеваниях. Возможность проведения вейвлет-анализ колебаний кровотока микроциркуляторного русла в предложенном устройстве оптической неинвазивной диагностики позволит диагностировать нарушения перфузии и механизмов регуляции кровотока в микрососудах биотканей организма на ранних стадиях развития заболеваний.

Достижение технической задачи осуществляется за счет того, что в устройстве для оптической диагностики кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей, содержащем источники первичного оптического излучения, систему транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно, выполненную в виде жгута оптических волокон с разветвленной приборной и единой рабочей частью, оптико-электронная система регистрации сигнала ЛДФ выполнена в виде двух идентичных каналов регистрации доплеровского сигнала, каждый из которых включает последовательно соединенные фотоприемник, преобразователь ток-напряжение, усилитель, аналого-цифровой преобразователь, а оптико-электронная система регистрации спектров флуоресценции и спектров диффузного отражения содержит полихроматор, построенный по симметричной скрещенной схеме Черни-Гернера с плоской дифракционной решеткой и фотоприемником на основе прибора с зарядовой связью (ПЗС), усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Сбор, первичная

обработка и трансляция данных всех каналов осуществляется с помощью программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). В качестве источников первичного оптического излучения предложено использовать лазерные излучатели с длинами волн 450 и 1064 нм, светодиод с длиной волны 365 нм и вольфрамовый галогенный широкополосный источник излучения, оптимизированный для видимого и ближнего ИК-диапазонов (360-2400 нм). Диагностическая информация с ПЛИС передается через блок интерфейсов в ПК для дальнейшего хранения, обработки и отображения. Устройство содержит дополнительный канал температурного воздействия, построенный на элементе Пельтье с соответствующим блоком управления, позволяющим менять полярность питающего напряжения.

Технический результат заключается в повышении точности и достоверности комплексных неинвазивных исследований

микроциркуляторно-тканевых нарушений биотканей человека.

На фиг. 1 приведена структурная схема устройства для оптической диагностики кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей.

На фиг. 2 - сопряжение оптоволоконного жгута с блоком Пельтье.

Устройство содержит светофильтр 1; полихроматор с плоской дифракционной решеткой 2; ПЗС приемник 3; усилитель сигнала с ПЗС 4; аналого-цифровой преобразователь сигнала с ПЗС 5; блок управления 6; интерфейс связи с персональным компьютером (ПК) 7; персональный компьютер 8; широкополосный источник излучения с диапазоном длин волн 360-2400 нм 9; светодиод с длиной волны 365 нм 10; лазерный излучатель с длиной волны 450 нм 11; лазерный излучатель с длиной волны 1064 нм 12; драйверы излучателей 13, 14, 15; фотоприемники 16, 17; преобразователи ток-напряжение 18, 19; усилители сигнала 20, 21; аналого-цифровые преобразователи 22, 23; волоконный жгут 24; элемент Пельтье 25; блок управления элементом Пельтье 26.

Канал флуоресцентной спектроскопии и спектроскопии диффузного отражения включает в себя источники возбуждения флуоресценции 10, 11 с длинами волн 365 и 450 нм, соединенные с драйверами 13, 14, задающими питание, и широкополосный источник излучения 9, полихроматор 2, набор сменных светофильтров 1. Полихроматор 2 построен по симметричной скрещенной схеме Черни-Тернера с плоской дифракционной решеткой.

Приемник излучения построен на основе прибора с зарядовой связью (ПЗС) 3.

Оптико-электронная система лазерной доплеровской флоуметрии выполнена в виде двух идентичных каналов регистрации доплеровского сигнала и включает в себя лазерный источник излучения 12, соединенный с драйвером 15, задающим питание, оптико-электронную систему регистрации вторичного оптического излучения, состоящую из фотоприемников с оптическими фильтрами 16, 17, последовательно попарно соединенных с блоком формирования доплеровского сигнала, состоящего из преобразователей ток-напряжение 18, 19, усилителей сигнала 20, 21 и АЦП 22, 23.

Управление каналами осуществляется общим блоком управления (БУ) 6, представляющим собой программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) с обвязкой и связанным через интерфейс связи 7 с ПК 8. БУ 6 управляет работой излучателей 10-12 посредством подачи управляющих сигналов на драйверы 13-15 и включением широкополосного источника излучения 9. Свет от источников первичного оптического излучения, в качестве которых используются лазерные излучатели с длинами волн 450 и 1064 нм, светодиод с длиной волны 365 нм и широкополосный источник излучения с диапазоном длин волн 360-2400 нм передается по волоконному жгуту 24 к области исследования биологического объекта (БО). Сигналы флуоресценции,

диффузного отражения и доплеровский сигнал принимаются рядом расположенными приемными волокнами. БУ также осуществляет управлением элементом Пельтье 25 через специальный блок 26, представляющий собой источник напряжения с возможностью переключения полярности. С помощью данного канала реализуется

5 проведение функционального температурного теста в диапазоне 5-42°С.

Система транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно выполнена в виде передающих оптоволоконных линий, идущих от источников излучения 9-12 и приемных оптоволоконных линий, идущих к полихроматору 2 и фотодиодам 16, 17, которые собраны в жгут с разветвленной

10 приборной и единой рабочей частью с общим наконечником 24. Волоконный жгут 24 непосредственно помещается в блок Пельтье 25.

Связь пользователя с блоком управления осуществляется через специализированную программу, установленную на ПК 8. В этой программе происходит визуализация и обработка полученных спектров флуоресценции, диффузного отражения и амплитудно-частотных спектров ЛДФ. Программа позволяет в автоматическом режиме проводить

15 одновременную регистрацию параметров, учитывать уровень шума, подбирать необходимую экспозицию в зависимости от уровня сигнала, а также осуществлять вейвлет-анализ полученных амплитудно-частотных спектров ЛДФ.

Устройство работает следующим образом.

По команде от компьютера 8 блок управления 6 включает необходимый источник излучения. Если включен один из излучателей 10, 11 то излучение от него по передающей оптоволоконной линии направляется к БО и возбуждает флуоресценцию различных компонент биоткани. Излучение флуоресценции и обратно отраженное излучение источника, ослабленное светофильтром 1 поступает в оптико-электронную систему

25 регистрации спектров флуоресценции и спектров диффузного отражения, которая содержит полихроматор 2, построенный по симметричной скрещенной схеме Черни-Тернера, где раскладывается в спектр на плоской дифракционной решетке и далее поступает на ПЗС-фотоприемник излучения 3. Электрический сигнал от ПЗС, величина которого соответствует интенсивности излучения на соответствующей длине волны,

30 предварительно усиливается в усилителе 4 и оцифровывается с помощью АЦП 5. Окончательная обработка осуществляется после передачи информации в ПК 8. Далее имеется возможность включить следующий источник излучения для возбуждения флуоресценции или широкополосный источник для регистрации спектров диффузного отражения и цикл измерения повторяется.

При использовании канала ЛДФ блок управления 6 включает ИК-источник излучения 12. Схема регистрации излучения имеет два идентичных друг другу канала, которые преобразуют сигналы фототока с фотоприемников в напряжение 18, 19, усиливают их в усилителях 20, 21 и оцифровывают с помощью АЦП 22, 23. В каждом канале реализовано последовательное преобразование сигнала.

При необходимости проведения температурных проб через блок управления 6 подключается дополнительный канал температурного воздействия, построенный на элементе Пельтье 25 с соответствующим блоком управления 26, позволяющим менять полярность питающего напряжения.

Данные со всех каналов поступают в блок управления (БУ) 6, представляющий собой

45 программируемую логическую интегральную схему и связанный через интерфейс связи 7 с ПК 8, для их первичной обработки, трансляции и хранения.

Таким образом, предлагаемое устройство для оптической диагностики кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей, позволяющее одновременно

регистрировать показатель микроциркуляции крови методом ЛДФ, спектры флуоресценции основных флуорофоров НАДН и ФАД, отражающих метаболическую активность биологических тканей методом ФС, а также спектры диффузного отражения, несущие информацию о морфологической структуре и оптических характеристиках биотканей методом СДО в практически одном диагностическом объеме с возможностью проведения температурных проб, делает проведение подобной диагностики доступным и повышает ее информативность за счет, например, выявления микроциркуляторно-тканевых нарушений в тканях стоп пациентов с сахарным диабетом, позволяя определять данные осложнения на более ранней стадии вследствие их анализа на уровне периферических сосудов и кожных биомаркеров.

(57) Формула изобретения

Устройство для оптической диагностики кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей, содержащее источники первичного оптического излучения, систему транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно, выполненную в виде жгута оптических волокон с разветвленной приборной и единой рабочей частью, оптико-электронную систему регистрации вторичного оптического излучения, состоящую из фотоприемников с оптическими фильтрами и снабженную блоком формирования доплеровского сигнала, и полихроматор с дифракционной решеткой, отличающееся тем, что, согласно изобретению, в качестве источников первичного оптического излучения используют лазерные излучатели с длинами волн 450 и 1064 нм, светодиод с длиной волны 365 нм и широкополосный источник излучения с диапазоном длин волн 360-2400 нм, а оптико-электронная система лазерной доплеровской флоуметрии выполнена в виде двух идентичных каналов регистрации доплеровского сигнала, каждый из которых включает последовательно соединенные фотоприемник, преобразователь ток-напряжение, усилитель, аналого-цифровой преобразователь, в свою очередь оптико-электронная система регистрации спектров флуоресценции и спектров диффузного отражения содержит полихроматор, построенный по симметричной скрещенной схеме Черни-Тернера с плоской дифракционной решеткой и фотоприемником на основе прибора с зарядовой связью, усилитель, аналого-цифровой преобразователь, при этом первичная обработка и трансляция данных всех каналов осуществляется с помощью программируемой логической интегральной схемы, и устройство снабжено дополнительным каналом температурного воздействия, построенным на элементе Пельтье с соответствующим блоком управления, позволяющим менять полярность питающего напряжения.

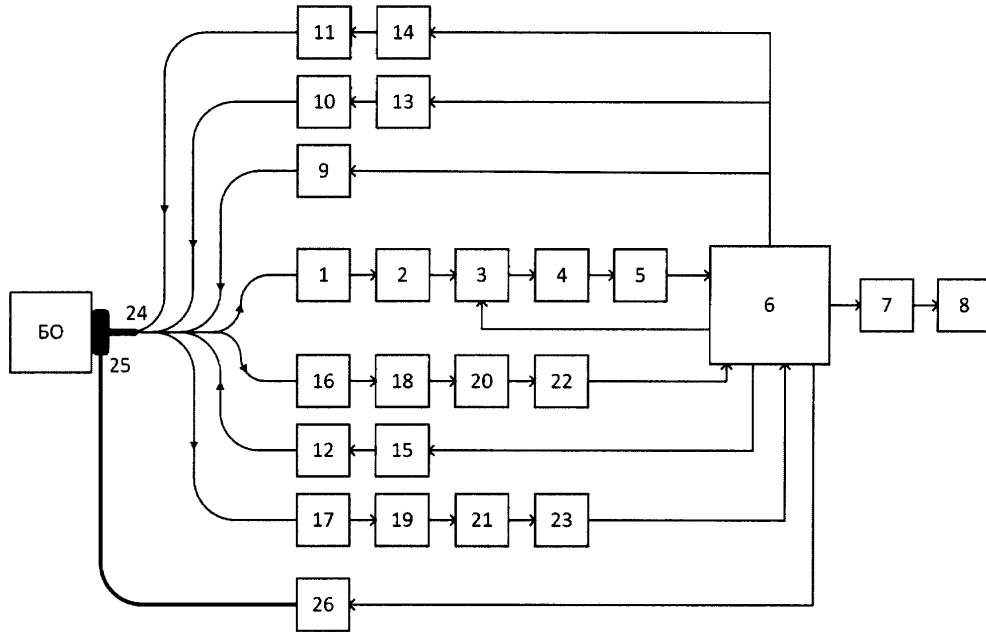
40

45

1

12

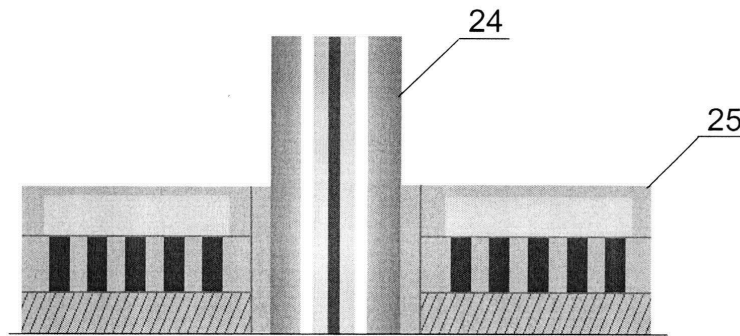
Устройство для оптической диагностики кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей



Фиг. 1

2

Устройство для оптической диагностики кровоснабжения и жизнеобеспечения биологических тканей



Фиг. 2