



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 161180

(13) U

(51) МПК

A61B 5/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

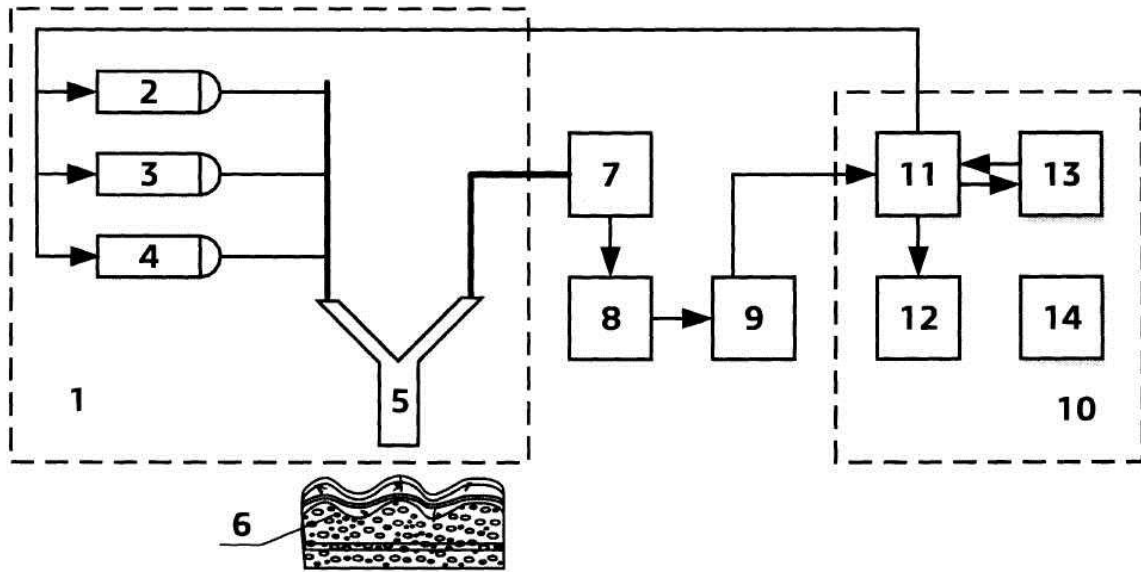
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2024 00031	(72) Винахідник(и): Павлов Володимир Сергійович (UA), Штофель Дмитро Хуанович (UA), Мамирбаєв Оркен Жумажанович (UA), Колісник Петро Федорович (UA), Коваль Леонід Григорович (UA), Жамагулова Шалпан Пернебайкизи (UA)
(22) Дата подання заявки: 02.01.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 20.11.2025	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 19.11.2025, Бюл.№ 47	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) ЛАЗЕРНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТКАНИННОЇ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ**(57)** Реферат:

Лазерний волоконно-оптичний пристрій для оцінювання тканинної мікроциркуляції містить фотоприймач, чутливий в широкій спектральній області, підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, обчислювач, який складається з блока живлення, мікроконтролера, графічного рідкокристалічного дисплея та слота для карти SD-пам'яті. Вихід фотоприймача з'єднаний з підсилювачем, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача, вихід якого з'єднаний з обчислювачем, а саме з інформаційним входом мікроконтролера, перший інформаційний вихід мікроконтролера з'єднаний з графічним рідкокристалічним дисплеєм, другий вихід мікроконтролера з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера. В нього введено лазерний волоконно-оптичний сенсор, який складається з трьох лазерних джерел випромінювання інфрачервоного, червоного та зеленого спектра випромінювання, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача з вхідним та вихідним волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний оптичний канал, який спрямовується на біологічний об'єкт, перший вихід мікроконтролера під'єднаний до входів керування лазерними джерелами випромінювання.

UA 161180 U



Корисна модель належить до медичної та біологічної техніки і може бути використана для контролю і визначення стану тканинної мікроциркуляції в біологічних тканинах, а також оцінювання ступеня сатурації - насичення периферійної крові киснем.

Контроль стану тканинної мікроциркуляції крові є важливим для визначення стану тканин у медицині та наукових дослідженнях. Цей спосіб може бути використаний для діагностики та моніторингу стану здоров'я: Зміни в тканинній мікроциркуляції можуть свідчити про різні патологічні зміни. Наприклад, погіршення мікроциркуляції може бути пов'язане з різними хворобами, такими як діабет, серцево-судинні захворювання, інфекції та інші стани. Моніторинг мікроциркуляції забезпечує завчасне виявлення симптомів цих порушень. Пристрій може бути використаний для оцінки ефективності лікування, адже в процесі лікування важливо відслідковувати, як змінюється тканинна мікроциркуляція під впливом медичних препаратів і процедур. Це допомагає визначити, наскільки ефективним є підхід до лікування та, за потреби, корегувати лікування для покращення результатів. Здійснення контролю мікроциркуляції в процесі лікування дозволяє виявити ризик ускладнень та можливої побічної дії терапії. Нарешті, вивчення тканинної мікроциркуляції має важливе значення для медико-біологічних наукових досліджень в галузі фізіології, патології, фармації, при розробці нових методів діагностики і лікування.

Відомий фотоплетизмограф (Патент на винахід України № 107490, МПК А61В 5/02, опубл. 10.06.2016, бюл. № 11), що передбачає визначення периферичного кровотоку в органах і тканинах людини і тварин. Пристрій містить три джерела випромінювання, які підключені до блоку керування, блоки реєстрації відбитого світла, блоки обробки і передачі даних на комп'ютер. Недоліками описаного рішення є підключення до комп'ютера, що обмежує мобільність конструкції, відсутність адаптивної системи регулювання роботи джерел випромінювання, що обмежує функціональні можливості фотоплетизмографа.

Найбільш близьким до пристрою, який запропонований, є Патент на корисну модель України № 134334, МПК А61В 5/02, опубл. 10.05.2019, бюл. № 9, предметом якого є оптичний неінвазивний пристрій для визначення рівня периферичного кровонаповнення, що містить три датчики з джерелами випромінювання (інфрачервоний, червоний, зелений), кожен з яких під'єднаний до окремого підсилювача, виходи яких під'єднані до відповідних входів мікроконтролера, який сполучений з графічним рідкокристалічним індикатором та слотом для SD-пам'яті. Синхронізація роботи пристрою відбувається шляхом керувальних сигналів мікроконтролера, які надходять на підсилювачі. Пристрій працює автономно, без підключення до ПК.

Недоліком цього пристрою є недостатні функціональні можливості, зумовлені наявністю трьох датчиків, що збільшує розмір чутливого елемента конструкції, наявності трьох підсилювачів, відсутності адаптивної системи регулювання роботи джерел випромінювання, що обмежує можливості застосування пристрою.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення лазерного волоконно-оптичного пристрою для оцінювання тканинної мікроциркуляції, в якому за рахунок введення нових зв'язків та комбінацій блоків вирішується можливість забезпечення адаптивних умов діагностування стану мікроциркуляції, зменшення розмірів чутливого елемента та зменшення конструктивних елементів для оптимізації конструкції. Це приводить до розширення функціональних можливостей пристрою, підвищення чутливості сенсора та технологічності його конструкції.

Поставлена задача вирішується в лазерно волоконно-оптичному пристрої для оцінювання тканинної мікроциркуляції, який містить фотоприймач, чутливий в широкій спектральній області, підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, обчислювач, який складається з блока живлення, мікроконтролера, графічного рідкокристалічного дисплея та слота для карти SD-пам'яті, причому вихід фотоприймача з'єднаний з підсилювачем, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача, вихід якого з'єднаний з обчислювачем, а саме з інформаційним входом мікроконтролера, перший інформаційний вихід мікроконтролера з'єднаний з графічним рідкокристалічним дисплеєм, другий вихід мікроконтролера з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера, згідно з корисною моделлю в нього що в нього введено лазерний волоконно-оптичний сенсор, який складається з трьох лазерних джерел випромінювання інфрачервоного, червоного та зеленого спектра випромінювання, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача з вхідним та вихідним волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний оптичний канал, який спрямовується на біологічний об'єкт, перший вихід мікроконтролера під'єднаний до входів керування лазерними джерелами випромінювання.

На кресленні зображено структурну блок-схему пристрою.

Пристрій складається з лазерного волоконно-оптичного сенсора 1, який складається з трьох лазерних джерел випромінювання інфрачервоного 2, червоного 3 та зеленого 4 спектра випромінювання, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача 5 з вхідним та вихідним волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний гнучкий оптичний канал, призначений для спрямування світлового потоку на біологічний об'єкт 6, фотоприймача 7, чутливого в широкій спектральній області, підсилювача 8, аналого-цифрового перетворювача 9, обчислювача 10, який складається з блока живлення 14, мікроконтролера 11, графічного рідкокристалічного дисплея 12 та слота для карти SD-пам'яті 13, причому вихід фотоприймача 7 з'єднаний з підсилювачем 8, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача 9, вихід якого з'єднаний з обчислювачем 10, а саме з інформаційним входом мікроконтролера 11, перший інформаційний вихід мікроконтролера з'єднаний з графічним рідкокристалічним дисплеєм 12, а другий вихід мікроконтролера 11 з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті 13, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера, керувальний вихід мікроконтролера 11 під'єднаний до входів керування лазерними джерелами випромінювання (на кресленні не позначені).

Пристрій працює таким чином.

Після ввімкнення блоку живлення 14, який забезпечує електроенергією всі блоки пристрою, відбувається занулення блоків обчислювача 10, зокрема мікроконтролер 11 скидається в нульовий стан, графічний рідкокристалічний дисплей 12 завантажується і відображає готовність пристрою до роботи. Відповідно до програми роботи пристрою, яка задається за допомогою мікроконтролера 11, по чергово активуються лазерні джерела випромінювання 2, 3, 4, тривалість та інтенсивність світіння кожного з яких може бути налаштована. Лазерне джерело випромінювання інфрачервоного діапазону 2 випромінює світловий потік з довжиною хвилі 905 нм. Лазерне джерело випромінювання червоного діапазону 3 випромінює світловий потік з довжиною хвилі 660 нм. Лазерне джерело випромінювання зеленого діапазону 4 випромінює світловий потік з довжиною хвилі 532 нм. Чим менша довжина хвилі, тим на меншу глибину проникає світловий потік в біологічну тканину 6. Шляхом застосування Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача 5 з вхідним та вихідним волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний гнучкий оптичний канал, реалізоване рішення задачі зменшення розмірів чутливого елемента лазерного волоконно-оптичного сенсора 1, а також завдяки його гнучкості й хіміко-біологічній резистентності забезпечується контакт лазерного волоконно-оптичного сенсора 1 з важкодоступними біологічними тканинами (наприклад, в рані або за умов лапароскопічного дослідження). Світловий потік частково поглинається біологічною тканиною 6, частково відбивається та розсіюється. Відбите світло, яке потрапляє в оптичний канал Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача 5, передається на фотоприймач 7, чутливий в широкій спектральній області. Пульсова хвиля, яка проходить через периферичні судини і капіляри, спричинює періодичні зміни оптичної густини біологічної тканини 6, яка визначається шляхом реєстрації змін в інтенсивності й спектральних характеристиках відбитого світлового потоку, який надходить на фотоприймач 7. Фотоприймач 7 перетворює оптичний сигнал на електричний, модульований по амплітуді. Цей сигнал посилюється підсилювачем 8 та перетворюється у цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача 9, після якого цифровий сигнал надходить на інформаційний вхід мікроконтролера 11, де він обробляється, а результат виводиться на графічний рідкокристалічний дисплей 12 та записується на SD-карту пам'яті через слот для карти SD-пам'яті 13. Синхронізація роботи пристрою здійснюється шляхом керувальних сигналів мікроконтролера 11, які активують необхідне в поточний момент лазерне джерело випромінювання. Застосування лазерного джерела випромінювання червоного спектра 3 дозволяє визначати рівень насичення крові киснем (сатурацію) та визнати періодичність пульсацій, що дозволяє оцінити частоту серцевих скорочень. На графічний рідкокристалічний дисплей 12 виводяться такі дані: графічне представлення кривих кровонаповнення, значення оціненої частоти серцевих скорочень, показник сатурації крові (SpO_2), а також поточний час і рівень заряду елемента живлення.

Принцип дії лазерного волоконно-оптичного сенсора 1 базується на реєстрації зміни оптичного сигналу та вимірювання параметрів відбитого світла. Особливістю запропонованого лазерного волоконно-оптичного сенсора 1 є висока чутливість до зміни таких оптичних параметрів досліджуваної ділянки біологічної тканини як коефіцієнт відбивання і показник заломлення за рахунок багатократних внутрішніх відбивань світла в середині досліджуваної біологічної тканини 6. Для вирішення проблем з дослідженням тканинної мікроциркуляції запропоновано використати волоконно-оптичний Y-подібний волоконно-оптичний розгалужувач 5 з вхідним та вихідним волоконно-оптичними каналами, які сполучаються в один спільний канал. Світловий потік від лазерних джерел випромінювання 2-4 через вхідний канал

поширюється у спільний моноволоконний канал сенсора на ділянку біологічної тканини 6 і після відбивань всередині тканини потрапляє у той самий спільний канал, по якому поширюється у вихідний канал і потрапляє на приймальну схему з фотоприймача 7, підсилювача 8 та аналого-цифрового перетворювача 9, яка здійснює перетворення оптичного сигналу в цифровий електричний сигнал. Програма мікроконтролера 11 забезпечує амплітудно-імпульсний режим роботи лазерних джерел випромінювання 2-4, а також дозволяє змінювати інтенсивність їх випромінювання, що розширює функціональні можливості пристрою.

В заявленому пристрої використовуються 50-мікрометрові кварцові оптичні волокна, як лазерні джерела випромінювання 2-4 використовуються напівпровідникові лазери (світлодіоди) з максимумами випромінювання на довжинах хвиль 905, 660 та 532 нм відповідно. Фотоприймачем 7 виступає кремнієвий фототранзистор, чутливий в широкій спектральній області, який добре узгоджується із спектральними характеристиками ламп розжарювання, інфрачервоних світлодіодів, напівпровідникових лазерів і волоконних світловодів, що дозволяє проводити спектральні дослідження.

Така конструкція волоконно-оптичного пристрою забезпечує мініатюризацію та надійність, що є особливо актуальним для медичних задач скринінгу і дослідження тканинної мікроциркуляції, особливо у важкодоступних ділянках біологічних тканин і органів людини.

Для представлення моделі розповсюдження випромінювання від лазерних джерела випромінювання використовується модель гаусівського пучка

$$G(x, y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_x)^2 + (y - \mu_y)^2}{2\sigma^2}\right),$$

де $G(x, y)$ - розподіл гаусівського пучка в тривимірному просторі за координатами x та y ;
 σ - коефіцієнт масштабування;

μ_x та μ_y - коефіцієнти зсуву по осях абсцис та ординат відповідно.

Запропонована структура пристрою дозволяє забезпечити мініатюризацію конструкції, проводити контроль, діагностику та скринінг стану тканинної мікроциркуляції в різних оптичних режимах з високою надійністю, забезпечуючи портативність, мобільність, доступ до важкодоступних ділянок біологічної тканини. Адаптивні умови діагностування стану мікроциркуляції забезпечуються завдяки амплітудно-імпульсному режиму роботи джерел випромінювання та можливості зміни інтенсивності випромінюваного світлового потоку, що дозволяє проводити дослідження різних типів біологічних тканин із застосуванням набору режимів опромінення.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Лазерний волоконно-оптичний пристрій для оцінювання тканинної мікроциркуляції, який містить фотоприймач, чутливий в широкій спектральній області, підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, обчислювач, який складається з блока живлення, мікроконтролера, графічного рідкокристалічного дисплея та слота для карти SD-пам'яті, причому вихід фотоприймача з'єднаний з підсилювачем, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача, вихід якого з'єднаний з обчислювачем, а саме з інформаційним входом мікроконтролера, перший інформаційний вихід мікроконтролера з'єднаний з графічним рідкокристалічним дисплеєм, другий вихід мікроконтролера з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера, який відрізняється тим, що в нього введено лазерний волоконно-оптичний сенсор, який складається з трьох лазерних джерел випромінювання інфрачервоного, червоного та зеленого спектра випромінювання, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача з вхідним та вихідним волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний оптичний канал, який спрямовується на біологічний об'єкт, перший вихід мікроконтролера під'єднаний до входів керування лазерними джерелами випромінювання.

