УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 159143** **(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 04399**

(22) Дата подання заявки: **10.09.2024**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **01.05.2025**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **30.04.2025, Бюл.№ 18**

(72) Винахідник(и):
Павлов Володимир Сергійович (UA),
Штофель Дмитро Хуанович (UA),
Вуйцік Вальдемар (UA),
Ян Лунінь (UA)

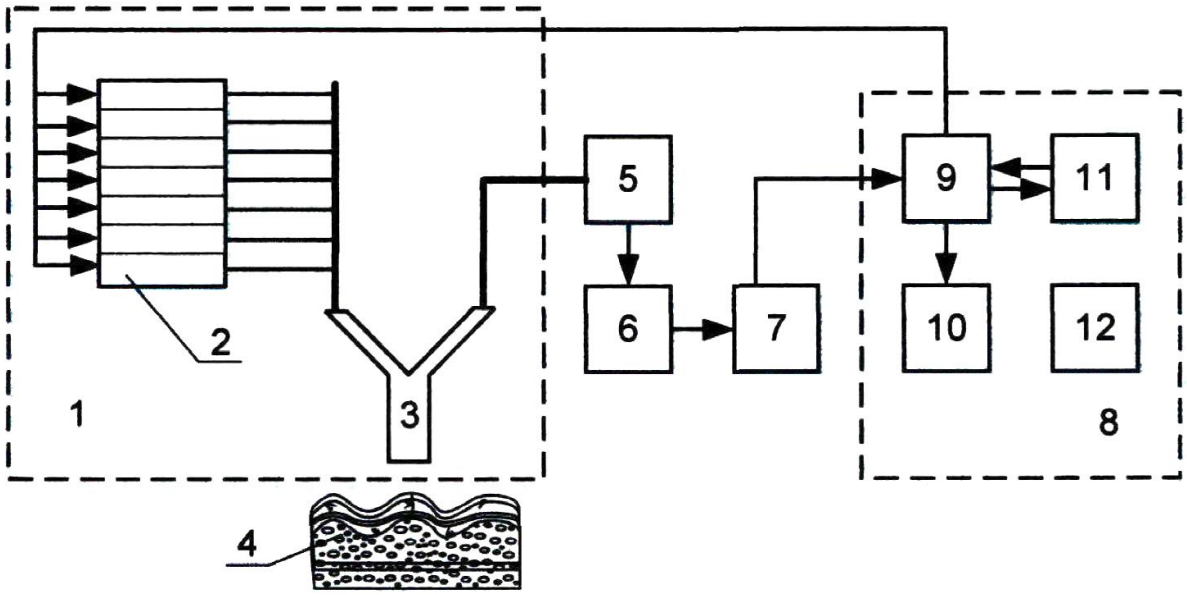
(73) Володілець (володільці):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) ФОТОННИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТКАНИННОЇ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ ТА ФІЗІОТЕРАПЕВТИЧНОГО ВПЛИВУ

(57) Реферат:

Фотонний волоконно-оптичний пристрій для оцінювання тканинної мікроциркуляції та фізіотерапевтичного впливу містить фотоприймач, чутливий в широкій спектральній області, підсилювач, обчислювач, який складається з блока живлення, мікроконтролера, аналого-цифрового перетворювача, графічного рідкокристалічного дисплея та слота для карти SD-пам'яті. Вихід фотоприймача з'єднаний з підсилювачем, вихід якого з'єднаний з обчислювачем, а саме з інформаційним входом мікроконтролера. Другий вихід мікроконтролера з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера. Введено фотонний волоконно-оптичний сенсор, який складається з джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача з вхідним та вихідними волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний оптичний канал, призначений для спрямування світлового потоку на біологічний об'єкт. Керувальний вихід мікроконтролера під'єднаний до входів джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури, вхід аналогово-цифрового перетворювача з'єднаний з виходом підсилювача, а його вихід з'єднаний з інформаційним входом мікроконтролера.

UA 159143 U



Фіг. 1

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

Визначення характеру тканинної мікроциркуляції крові є важливим для діагностики стану тканин у медичній практиці та медико-біологічних дослідженнях. Цей спосіб активно використовується для діагностики та моніторингу загального стану здоров'я людини: Варіації параметрів тканинній мікроциркуляції можуть вказувати на вікові або патологічні зміни. До прикладу, погіршення тканинної мікроциркуляції може бути маркером таких поширених хвороб як цукровий діабет, серцево-судинні захворювання, інфекційні та запальні процеси тощо. Моніторинг тканинної мікроциркуляції забезпечує своєчасне виявлення симптомів цих функціональних порушень. Запропонований пристрій також може використовуватися при оцінюванні ефективності проведених терапевтичних процедур, тому що в процесі лікування тканинна мікроциркуляція є інформативним показником того, як організм реагує на різні медичні препарати і процедури. Такий моніторинг забезпечує можливість визначення ефективності того чи іншого підходу до лікування, а отже - можливість своєчасної корекції терапевтичних процедур для загального покращення результатів лікування. Проведення контролю тканинної мікроциркуляції упродовж лікувального процесу дозволяє виявити ризики ускладнень та можливі побічні дії терапевтичних процедур. Вивчення процесів тканинної мікроциркуляції має важливе значення для наукових досліджень в галузі медико-біологічних наук як при вивченні нормальних і патологічних фізіологічних процесів, так і при розробленні нових методів лікування та діагностики.

Відомий фотоплетизмограф (патент UA № 107490, МПК A61B 5/02, опубл. 10.06.2016, бюл. № 11), що забезпечує можливість визначення периферичного кровотоку в тканинах та органах людини і тварин. Фотоплетизмограф містить три джерела світлового випромінювання, які керуються блоком управління, блок реєстрації відбитого випромінювання, блок обробки і передачі даних на персональний комп'ютер.

Недоліками наведеного аналога є підключення до комп'ютера, що обмежує мобільність конструкції, відсутність адаптивної системи регулювання роботи джерел випромінювання, що обмежує функціональні можливості фотоплетизмографа.

Як найближчий аналог вибраний патент UA № 134334, МПК A61B 5/02, опубл. 10.05.2019, бюл. № 9, предметом якого є оптичний неінвазивний пристрій для визначення рівня периферичного кровонаповнення, який містить обчислювач (складається з мікроконтролера, графічного рідкокристалічного індикатора і слота для SD-пам'яті), три датчики, кожен з яких складаються з джерела оптичного випромінювання (інфрачервоний, червоний, зелений) та фотоприймача, причому виходи фотоприймачів з'єднані з першими входами трьох підсилювачів, виходи яких підключені до відповідних входів мікроконтролера, перший вихід якого з'єднаний з другими входами кожного підсилювача, другий вихід мікроконтролера з'єднаний з входом графічного рідкокристалічного індикатора, а третій вихід мікроконтролера з'єднаний з входом слота для SD-пам'яті, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера. Синхронізація роботи пристрою відбувається шляхом генерації сигналів керування мікроконтролера, які надходять на підсилювачі. Пристрій може працювати автономно, без підключення до ПК.

Недоліком цього пристрою є недостатні функціональні можливості, значні габаритні розміри чутливого елемента, відсутність адаптивної системи регулювання роботи джерел випромінювання, що обмежує сфери застосування пристрою в діагностиці кровонаповнення тканин і фототерапії.

В основу корисної моделі поставлена задача створення фотонного волоконно-оптичного пристрою для оцінювання тканинної мікроциркуляції та фізіотерапевтичного впливу, в якому з метою оптимізації його конструкції за рахунок введення нових елементів, зв'язків та комбінацій блоків досягається можливість забезпечення адаптивних умов діагностування стану мікроциркуляції, зменшення розмірів чутливого елементу та зменшення габаритних розмірів цілого пристрою. Це призводить до розширення функціональних можливостей пристрою, підвищення чутливості сенсора та технологічності його конструкції.

Поставлена задача вирішується тим, що в фотонний волоконно-оптичний пристрій для оцінювання тканинної мікроциркуляції та фізіотерапевтичного впливу, який складається з фотоприймача, чутливого в широкій спектральній області, підсилювача, обчислювача, який складається з блока живлення, мікроконтролера, аналого-цифрового перетворювача, графічного рідкокристалічного дисплея та слота для карти SD-пам'яті, причому вихід фотоприймача з'єднаний з підсилювачем, вихід якого з'єднаний з обчислювачем, а саме з інформаційним входом мікроконтролера, перший інформаційний вихід мікроконтролера

з'єднаний з графічним рідкокристалічним дисплеєм, а другий вихід мікроконтролера з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера, введено фотонний волоконно-оптичний сенсор, який складається з джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача з вхідним та вихідними волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний оптичний канал, призначений для спрямування світлового потоку на біологічний об'єкт, причому керувальний вихід мікроконтролера з'єднаний з входом керування джерелом випромінювання на гетероструктурі, вхід аналогово-цифрового перетворювача з'єднаний з виходом підсилювача, а його вихід з'єднаний з інформаційним входом мікроконтролера.

На фіг. 1 подано структурну блок-схему патентованого пристрою; на фіг. 2 показано спектри випромінювання семишарової гетероструктури.

Пристрій складається з фотонного волоконно-оптичного сенсора 1, який складається з джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача 3 з вхідним та вихідними волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний гнучкий оптичний канал, призначений для спрямування світлового потоку на біологічний об'єкт 4, фотоприймача 5, чутливого в широкій спектральній області, підсилювача 6, аналого-цифрового перетворювача 7, обчислювача 8, який складається з блока живлення 12, мікроконтролера 9, графічного рідкокристалічного дисплея 10 та слота для карти SD-пам'яті 11, причому вихід фотоприймача 5 з'єднаний з підсилювачем 6, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача 7, вихід якого з'єднаний з обчислювачем 8, а саме з інформаційним входом мікроконтролера 9, перший інформаційний вихід мікроконтролера з'єднаний з графічним рідкокристалічним дисплеєм 10, а другий вихід мікроконтролера 9 з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті 11, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера 9, керувальний вихід мікроконтролера 9 під'єднаний до входу джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2.

Пристрій працює таким чином.

Після ввімкнення блоку живлення 12, який забезпечує електроенергією всі блоки пристрою, відбувається занулення блоків обчислювача 8, зокрема мікроконтролер 9 скидається в нульовий стан, графічний рідкокристалічний дисплей 10 завантажується і відображає готовність пристрою до роботи. Відповідно до програми роботи пристрою, яка задається за допомогою мікроконтролера 9, на його керувальний вихід подається широтно-імпульсно модульований сигнал, який активує джерело оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2, причому тривалість та інтенсивність активації кожного шару, що відповідає різним довжинам хвиль оптичного випромінювання, можуть бути незалежно налаштовані. Джерело оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2 генерує світлові потоки з піками інтенсивності випромінювання на довжинах хвиль 405 нм, 480 нм, 560 нм, 650 нм, 730 нм, 805 нм, 890 нм (фіг. 2). Чим більша довжина хвилі, тим глибше проникає світловий потік в біологічну тканину 4. Шляхом застосування джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2 і Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача 3 з вхідним та вихідними волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний гнучкий оптичний канал, вирішене завдання зменшення розмірів чутливого елемента фотонного волоконно-оптичного сенсора 1, а також завдяки його гнучкості й хіміко-біологічній резистентності забезпечується контакт фотонного волоконно-оптичного сенсора 1 з важкодоступними біологічними тканинами (наприклад, в стоматології або за умов лапароскопічного дослідження). Світловий потік частково поглинається біологічною тканиною 4, частково відбивається та розсіюється. Відбите світло, яке потрапляє назад в оптичний канал Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача 3, передається на фотоприймач 5, чутливий в широкій спектральній області. Пульсова хвиля, що проходить через периферичні судини і капіляри, спричинює періодичні зміни оптичної густини біологічної тканини 4, яка визначається шляхом реєстрації змін в інтенсивності й спектральних характеристиках відбитого світлового потоку, який надходить на фотоприймач 5. Фотоприймач 5 перетворює оптичний сигнал на електричний, модульований за амплітудою. Цей сигнал посилюється підсилювачем 6 та перетворюється у цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача 7, після якого цифровий сигнал надходить на інформаційний вхід мікроконтролера 9, де він обробляється, а результат виводиться на графічний рідкокристалічний дисплей 10 та записується на SD-карту пам'яті через слот для карти SD-пам'яті 11. Синхронізація роботи пристрою здійснюється шляхом керувальних широтно-імпульсно модульованих сигналів мікроконтролера 9, які активують певний шар або кілька шарів гетероструктури. Застосування джерела випромінювання на різних довжинах хвиль дозволяє використовувати пристрій для різних задач діагностики та фототерапії. Зокрема випромінювання червоного та інфрачервоного

спектру (650 нм і вище) дозволяє визначати рівень насичення крові киснем (сатурацію) та підрахувати періодичність пульсацій, що дозволяє оцінити частоту серцевих скорочень. На графічний рідкокристалічний дисплей 10 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 фотонного волоконно-оптичного сенсора 1 базується на реєстрації зміни оптичного сигналу та вимірювання параметрів відбитого світла. Особливістю запропонованого фотонного волоконно-оптичного сенсора 1 є підвищена чутливість до зміни таких оптичних параметрів досліджуваної ділянки біологічної тканини як коефіцієнт відбивання і показник заломлення (рефракції) за рахунок багатократних внутрішніх відбивань променів всередині досліджуваної біологічної тканини 4. Для вирішення проблем з дослідженням тканинної мікроциркуляції у важкодоступних ділянках запропоновано використати Y-подібний волоконно-оптичний розгалужувач 5 з вхідним та вихідним волоконно-оптичними каналами, які сполучаються в один спільний канал. Світловий потік від джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2 через вхідний канал поширюється у спільний моноволоконний канал сенсора і потрапляє на ділянку біологічної тканини 4, а після відбивань всередині тканини деяка частина світлового потоку надходить у той самий спільний канал, через який потрапляє у вихідний канал та на приймальну схему з фотоприймача 5, підсилювача 6 та аналого-цифрового перетворювача 7, яка здійснює перетворення оптичного сигналу в цифровий електричний сигнал. Програма мікроконтролера 9 завдяки сигналам широтно-імпульсної модуляції забезпечує амплітудно-імпульсний режим роботи джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2, а також дозволяє змінювати інтенсивність випромінювання, що розширює функціональні можливості пристрою.

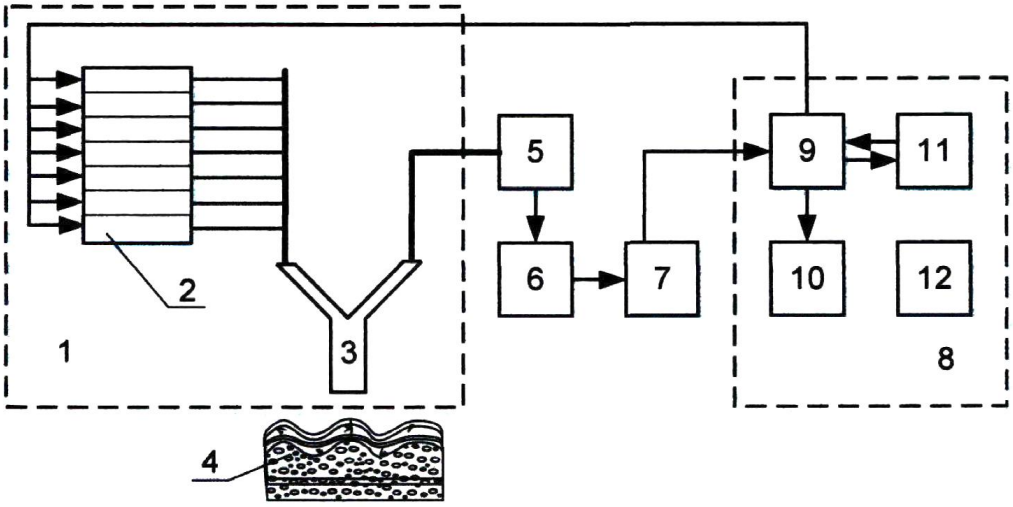
В запропонованому пристрої використовуються 50-мікрометрові кварцові оптичні волокна. Фотоприймачем 5 виступає кремнієвий фототранзистор, чутливий в широкій спектральній області, який добре узгоджується із спектральними характеристиками ламп розжарювання, інфрачервоних світлодіодів, напівпровідникових 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 тіла людини, слизових оболонок або відкритих тканин в умовах операційного втручання, військово-польової та медицини катастроф.

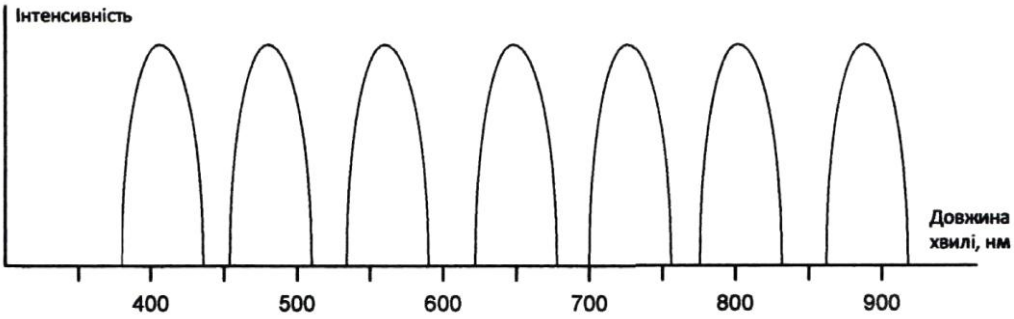
Запропонована структурна організація пристрою дозволяє забезпечити мініатюризацію конструкції, забезпечує проведення контролю, діагностики та скринінгу стану тканинної мікроциркуляції в різноманітних оптичних режимах з високою надійністю, забезпечуючи портативність, мобільність, доступ до важкодоступних ділянок біологічної тканини. Адаптивні умови діагностування стану мікроциркуляції забезпечуються завдяки амплітудноімпульсному режиму роботи джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури 2, що дає змогу комбінувати випромінювання різних довжин хвиль та змінювати інтенсивності світлових потоків, а це, в свою чергу, дозволяє проводити дослідження різних типів біологічних тканин із застосуванням набору режимів опромінення.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Фотонний волоконно-оптичний пристрій для оцінювання тканинної мікроциркуляції та фізіотерапевтичного впливу, який містить фотоприймач, чутливий в широкій спектральній області, підсилювач, обчислювач, який складається з блока живлення, мікроконтролера, аналого-цифрового перетворювача, графічного рідкокристалічного дисплея та слота для карти SD-пам'яті, причому вихід фотоприймача з'єднаний з підсилювачем, вихід якого з'єднаний з обчислювачем, а саме з інформаційним входом мікроконтролера, другий вихід мікроконтролера з'єднаний з контактом слота для карти SD-пам'яті, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера, який **відрізняється** тим, що введено фотонний волоконно-оптичний сенсор, який складається з джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача з вхідним та вихідними волоконно-оптичними каналами, які сполучені в один спільний оптичний канал, призначений для спрямування світлового потоку на біологічний об'єкт, причому керувальний вихід мікроконтролера під'єднаний до входів джерела оптичного випромінювання на основі семишарової гетероструктури, вхід аналогово-цифрового перетворювача з'єднаний з виходом підсилювача, а його вихід з'єднаний з інформаційним входом мікроконтролера.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка В. Юкін

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601