

Вальдемар Вуйцік
В.С. Павлов
Н.І. Заболотна
Д.Х. Штофель
С.М. Марков

ЛАЗЕРНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТКАНИННОЇ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

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.

Ключові слова: медична діагностика, тканинна мікроциркуляція, оптичні сенсори

Вступ. 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.

Практична реалізація. В основу пристрою для оцінювання тканинної мікроциркуляції покладено задачу створення лазерного волоконно-оптичного пристрою для оцінювання тканинної мікроциркуляції, в якому за рахунок введення нових зв'язків та комбінацій блоків досягається можливість забезпечення адаптивних умов діагностування стану мікроциркуляції, зменшення розмірів чутливого елемента та зменшення конструктивних елементів з метою оптимізації конструкції. Це призводить до розширення функціональних можливостей пристрою, підвищення чутливості сенсора та технологічності його конструкції. На рис. 1 зображено структурну блок-схему пристрою.

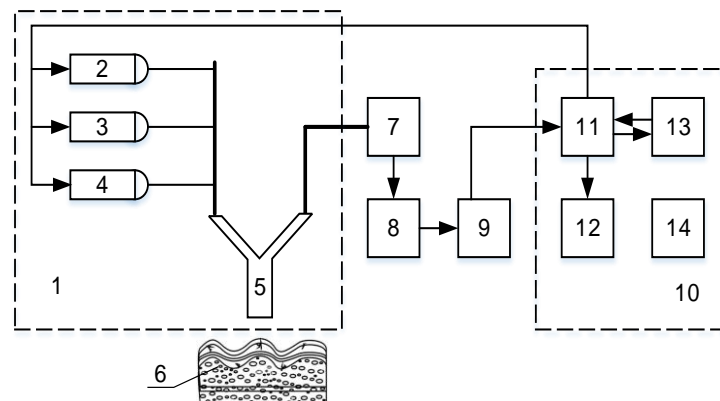


Рисунок 1 – Лазерний волоконно-оптичний пристрій для оцінювання тканинної мікроциркуляції

Пристрій складається з лазерного волоконно-оптичного сенсора 1, який складається з трьох лазерних джерел випромінювання інфрачервоного 2, червоного 3 та зеленого 4 спектру випромінювання, Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача 5 з вхідним та вихідними 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.

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 гаусового 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 гаусового пучка в тривимірному просторі за координатами x та y ; σ – коефіцієнт масштабування; μ_x та μ_y – коефіцієнти зсуву по осям абсцис та ординат відповідно.

Висновок. 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>. eBook ISBN 9780429057618.
2. Pavlov, S.V., Kozhukhar, A. T., Electro-optical system for the automated selection of dental implants according to their colour matching, *Przegląd elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 93 NR 3, 2017, pp. 121-124.
3. Kholin, V. V., Chepurina, O. M., Pavlov S., Methods and fiber optics spectrometry system for control of photosensitizer in tissue during photodynamic therapy, *Proc. SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016*, 1003138.
4. Rovira, R. H., Tuzhanskyi, S., Pavlov, S. V., Savenkov, S. N., Kolomiets I. S., Polarimetric characterisation of histological section of skin with pathological changes, *Proc. SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016*, 100313E.
5. Zabolotna, N. I.; Pavlov S. V., Radchenko, K. O.; Stasenko, V. A., Wójcik, W., Diagnostic efficiency of Mueller-matrix polarization reconstruction system of the phase structure of liver tissue, *Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications*, 2015, 98161E.

Вуйцік Вальдемар – д.т.н, професор факультету електроніки та енергетики, Люблінський технологічний університет, Польща, *e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl*

Павлов Володимир Сергійович – аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, *e-mail: machinehead6926@gmail.com*

Заболотна Наталія Іванівна – д.т.н., професор кафедри кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, *e-mail: nataliazabolotna@gmail.com*

Штофель Дмитро Хуанович – к.т.н., доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, 21021, Україна, ORCID: 0000-0002-9807-5179, *e-mail: shtofel@vntu.edu.ua*

Марков Сергій Михайлович – асистент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, *e-mail: sergmarkov01@gmail.com*

Waldemar Wójcik, Pavlov Volodymyr, Zabolotna Nataliia, Shtofel Dmytro, Markov Sergii

LASER FIBER OPTIC DEVICE FOR ASSESSING TISSUE MICROCIRCULATION

Abstract

The proposed structure of the device allows for miniaturization of the design, monitoring, diagnostics and screening of the state of tissue microcirculation in various optical modes with high reliability, ensuring portability, mobility, and access to hard-to-reach areas of biological tissue.

Keywords: medical diagnostics, tissue microcirculation, optical sensors.

Wójcik Waldemar – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Faculty of Electronics and Power Engineering, Lublin University of Technology, Poland, e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

Pavlov Volodymyr – PhD student at the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, e-mail: machinehead6926@gmail.com

Zabolotna Nataliia – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, e-mail: nataliazabolotna@gmail.com

Shtofel Dmytro – Candidate of Technical Sciences (PhD in Technical Sciences), Associate Professor at the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, 95 Khmelnytske Highway, Vinnytsia, 21021, Ukraine, ORCID: 0000-0002-9807-5179, e-mail: shtofel@vntu.edu.ua

Markov Serhii – Assistant at the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, e-mail: sergmarkov01@gmail.com