

Ольга КОМАРОВА<sup>1,2</sup>, аспірант,  
Володимир ХОЛІН<sup>1</sup>, канд. техн. наук,  
Володимир ПАВЛОВ<sup>3</sup>, аспірант,  
Микола ТЕРЕЩЕНКО<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup> ПП «Фотоніка Плюс», м. Черкаси, Україна, e-mail: komarova.ollha@gmail.com, info@fotonikaplus.com.ua

<sup>2</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, e-mail: komarova.ollha@gmail.com, agfarkpi@i.ua

<sup>3</sup> Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: machinehead6926@gmail.com

## ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ МАЛОІНВАЗИВНИЙ ДИFUЗНИЙ РОЗСІЮВАЧ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОТКАНИННОГО ЛАЗЕРНОГО ВПЛИВУ

**Анотація.** У статті проаналізовано технічні параметри малоінвазивних дифузних розсіювачів на дистальній ділянці полімерного оптичного волокна. Виготовлялися дослідні зразки дифузних розсіювачів з полімерних оптичних волокон виробництва Mitsubishi Rayon Corporation (Японія) різної довжини: СК-20 діаметром 500 мкм та СК-10 діаметром 250 мкм шляхом механічної обробки їх світловідбиваючої оболонки для нанесення неоднорідностей та зміни умов повного внутрішнього відбиття.

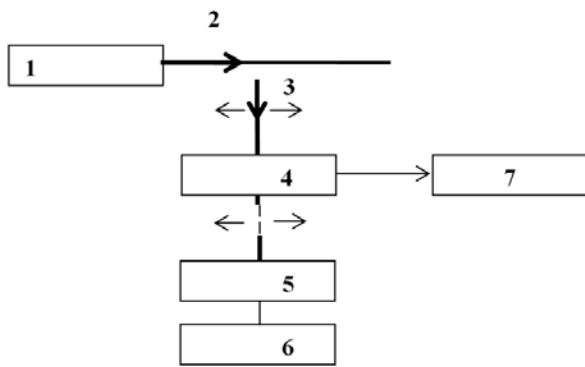
**Ключові слова:** малоінвазивний дифузний розсіювач, дифузор, внутрішньотканинний лазерний вплив, полімерне оптичне волокно.

**Вступ.** Подальша оптимізація внутрішньотканинних лазерних впливів у процесі лазерної хірургії, лазеріндукованої термотерапії, фотодинамічної терапії, фотокерованої терапії неможлива без удосконалення параметрів волоконно-оптичних світловодних інструментів, і насамперед їх дистальних ділянок. Одним із варіантів реалізації дистальних ділянок є малоінвазивний дифузний розсіювач із прийнятними оптичними характеристиками.

Волоконно-оптичні світловодні інструменти (далі за текстом світловоди) забезпечують доставку оптичного випромінювання до патологічної зони. В ідеальному випадку потік оптичного випромінювання на виході введеного в патологічний об'єм світловода повинен накрити весь цей об'єм із забезпеченням однакових питомих енергетичних параметрів впливу в його межах та мінімальним охопленням інтактних тканин. На практиці патологічні зони мають різні контури та об'єм відмінні від правильних форм. Тривіально виконаний дистальний кінець світловода у вигляді плоского торця і усічений межами апертурного кута в оптичному щільному середовищі біотканини потік випромінювання суттєво обмежують або роблять практично неможливим застосування внутрішньотканинного лазерного впливу. Актуальною стає реалізація різних варіантів дистальних ділянок світловодів, що дозволяють забезпечити різні трансформації оптичного потоку з максимальним урахуванням розмірів та контурів патологічних об'ємів для високої ефективності процедури. Одним із таких варіантів може бути малорозмірний дифузний розсіювач.

**Метою дослідження** є аналіз технічних параметрів малоінвазивних дифузних розсіювачів, створених на дистальній ділянці оптичного полімерного волокна.

**Матеріали та методи.** Для експериментів виготовлялися дослідні зразки дифузних розсіювачів з полімерних оптичних волокон виробництва Mitsubishi Rayon Corporation (Японія) різної довжини: СК-20 діаметром 500 мкм і СК-10 діаметром 250 мкм, шляхом механічної обробки їх світловідбивальної оболонки. Така обробка призводить до зміни умов повного внутрішнього відображення мод, що розповсюджуються в полімерному світловоді. Як наслідок, спостерігається значне розсіювання світлових мод на обробленій поверхні, що дозволяє створити дифузний розсіювач.



**Рис. 1.** Схема експериментальної установки:

1 – лазерне термостабілізоване джерело випромінювання; 2 – дифузний розсіювач стикований із світловодом SMA-905-SMA-905; 3 – приймальний світловод; 4 – юстирувальний оптичний стіл; 5 – приймальна голівка вимірювача потужності; 6 – блок індикації вимірювача потужності; 7 – часовий індикатор

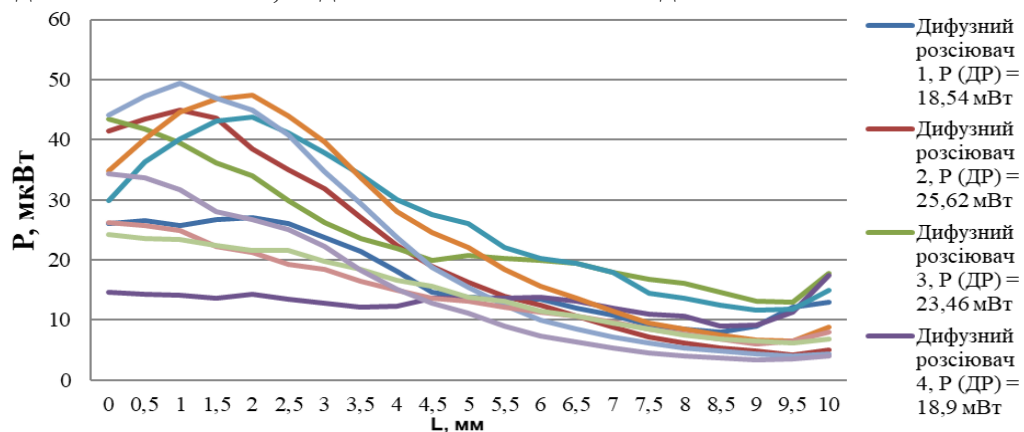
змінні світловоди; експериментальний лазерний термостабілізований модуль з довжиною хвилі 520 нм, виробник ПП «ФОТОНІКА ПЛЮС» (Україна); вимірювач потужності Coherent FieldMaster, Coherent (США), часовий індикатор ІЧ-1, юстирувальний оптичний стіл, стійка.

**Результати проведених досліджень.** Для проведення експериментів була зібрана експериментальна установка, схема якої зображена на рис. 1.

За рахунок переміщення задіафрагмованого приймального пристрою вздовж дифузного розсіювача отримуємо набір значень потужності оптичного випромінювання по лінійній довжині дифузного розсіювача.

Спочатку для проведення експериментів було створено дифузний розсіювач з робочою довжиною 50 мм на бічній поверхні полімерного світловода СК-20 діаметром 500 мкм, з довжиною гнучкої ділянки 500 мм. При ручній механічній обробці дистальної ділянки світловода довжиною 50 мм ми бачимо 3 інтенсивні піки розсіювання на ділянці довжиною 12 мм, нерівномірний розподіл світлової енергії і швидке згасання лазерного випромінювання на ділянці дифузора, що залишилася.

На рис. 2 наведена діаграма розподілу потужності лазерного випромінювання, що розповсюджується зліва направо і розсіяного поверхнею дифузора №№ 1-10. На діаграмі вказана потужність лазерного випромінювання, що випускається бічною поверхнею дифузоров №№ 1-10. Інтенсивне розсіювання світла відбувається на початковій ділянці дифузоров довжиною 4...5 мм, надалі настає помітний спад інтенсивності.



**Рис. 2.** Діаграма розподілу потужності лазерного випромінювання, що розповсюджується зліва направо і розсіяного поверхнею дифузних розсіювачів №№ 1-10 діаметром 500 мкм і довжиною 10 мм.

При створенні оптоволоконної системи до світловода SMA-905-SMA-905 діаметром 300/330 мкм через перехідник під змінні світловоди приєднували дифузний розсіювач на полімерному оптичному волокні. У місці стикування різних типів оптичних волокон відбуваються втрати через осьову неузгодженість модових полів, втрати через різницю діаметрів модових полів, втрати через похибку кутового юстування осей оптичних волокон, втрати через різницю показників заломлення. Тому на кожен дифузний розсіювач ми отримуємо різну вхідну потужність, що потрібно враховувати при аналізі отриманих графіків.

### **Висновки**

У статті проаналізовано технічні можливості реалізації малоінвазивних дифузних розсіювачів на дистальній ділянці полімерного оптичного волокна на основі виготовлених дослідних зразків дифузних розсіювачів з полімерних оптичних волокон виробництва Mitsubishi Rayon Corporation (Японія) різної довжини, шляхом механічної обробки їх світловідбиваючої оболонки для нанесення неоднорідностей та зміни умов повного внутрішнього відбиття.

Проведені дослідження створили основу для впровадження нових методів створення малоінвазивних дифузних розсіювачів на дистальній ділянці оптичного полімерного волокна і проведення подальших експериментів.

### **Література**

1. Сахно Т.В. Полимерные оптические волокна : монография / Т.В. Сахно, Г.М. Кожушко, А.О. Семенов, Ю.Е. Сахно, С.В. Пустовит. – Полтава : ПУЭТ, 2012. – 227 с.),
2. Буряк В.П. Полимерные оптические волокна // Полимерные материалы.-2007.-№05.-С.16-24.
3. Холин В.В. Перспективы использования световодов на основе полимерных волокон для ФДТ / В.В. Холин, О.Н. Чепурная / Экспериментальные и клинические аспекты фотодинамической терапии : материалы научно-практического семинара с международным участием, г. Черкассы, 15-16 марта 2013 г. – Черкассы, Вертикаль, 213, с. 110-114.
4. 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.
5. Pavlov S.V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages. <https://doi.org/10.1201/9781315098050>. eBook ISBN 9781315098050.
6. Ж.М. Хоменко, А.К. Зильгараева, С.В. Павлов, і О.С. Безкрєвний, «Аналіз методів спектрофотометрії для виявлення властивостей біологічних тканин», Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, 2019, вип. 38, вип. 2, С. 45–53, [doi.org/10.31649/1681-7893-2019-38-2-45-53](https://doi.org/10.31649/1681-7893-2019-38-2-45-53).
7. Ж.М. Хоменко, С.В. Павлов. Biometric signal processing at radar remote diagnostics of cardio-respiratory human activity, Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, 2019, № 1. С. 50-54. [doi.org/10.31649/1681-7893-2019-37-1-50-54](https://doi.org/10.31649/1681-7893-2019-37-1-50-54)