

УДК: 621.373.826.09(076.1)

*Харевич А.С., аспірант гр. ПБ-82ф, Терещенко М. Ф. к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ВІДБИТОГО ПРОМЕНЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ГЛИБИНИ ПРОНИКНЕННЯ ЙОГО В БІОЛОГІЧНІ СТРУКТУРИ

Анотація. У статті досліджуються та встановлюються значення параметрів відбиття лазерного променя від біологічної структури та глибини його проникнення. Встановлюється зв'язок параметрів відбитого когерентного монохроматичного електромагнітного випромінювання та глибини його проникнення в біологічну структуру за допомогою тіньового метода вимірювання.

Ключові слова: лазерне випромінювання, біологічна структура, лазер.

ВСТУП

Глибина проникнення лазерного випромінювання в тканини дуже важлива в практичному відношенні, так як вона є одним з факторів, що визначають межі можливого застосування лазерів в медичній практиці [1].

Вплив лазерного випромінювання на біологічні структури залежить від довжини хвилі випромінюваної лазером енергії, щільності енергії променю і змінних характеристик втрат енергії променю. Коли лазерний промінь досягає біологічну тканину, лазерне випромінювання поглинається, передається, відбивається і розсіюється. Пропорції цих взаємодій визначаються конкретною довжиною хвилі лазерного випромінювання і оптичними характеристиками біологічної тканини [2]. Суттєвою частиною застосування лазерного випромінювання в медицині є визначення його глибини проникання крізь різні шари біологічних тканин [3].

ПОСТАНОВКА ЦІЛІ

Основна ціль даного експерименту — дослідити та встановити значення параметрів відбиття лазерного променя від біологічної структури та глибини його проникнення. Для цього нам потрібно знати наступне: параметри лазера, параметри біологічної тканини, діаметр розсіювання відбитого пучка лазера на біологічній структурі від темного екрану з обох його сторін та похідні величини від даних результатів для подальшої обробки результатів.

Ослаблення широкого пучка з падаючою інтенсивністю I_0 в умовах багатократного розсіювання може бути наближено описано за допомогою наступного відношення [4]:

$$I(z) = I_0 q \cdot \exp(-\mu_d z), \quad (1)$$

де коефіцієнт q враховує не тільки відбивання світла на межі розділу повітря – поверхня біотканини та тип використовуваного детектору, але також і додаткове збільшення освітлення поверхневих шарів біотканини за рахунок зворотного розсіювання.

Глибина проникнення світла в біотканину оцінюється за формулою [5]:

$$l_e = l_d [\ln q + 1]. \quad (2)$$

Таким чином проведемо практичне дослідження отриманої закономірності (2).

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення цілі був використаний експериментальний шлях з встановленням залежності параметрів відбитого лазерного випромінювання від темної пластини з обох боків та глибини проникнення лазерного пучка в біологічну структуру [6].

На рис. 1 показана схема взаємодії лазерного пучка з біотканиною та обмеження відбитого випромінювання від поверхневого шару шкіри темною пластиною (екраном). Метод полягає в тому, що когерентне електромагнітне випромінювання під кутом α направляють на біологічну тканину a таким чином, щоб частина цього випромінювання потрапляла на темну пластину b , яка розташовується перпендикулярно до поверхні біологічної тканини a . В результаті частина лазерного випромінювання проникає далі в структуру тканини, а та частина світла, яка потрапляє на екран утворює тінь, яка обмежує попадання світла від джерела. Враховуючи значення розміру плями за екраном l та кут падіння α за допомогою обчислень можемо знайти глибину проникнення лазерного випромінювання в біологічну структуру [7].

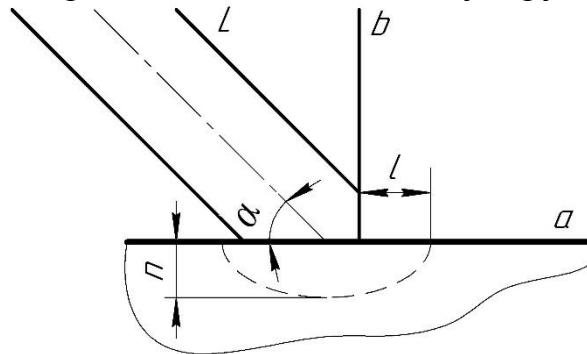


Рис. 1. Схема визначення глибини проникнення лазерного випромінювання в біологічну структуру тіньовим методом.

ЕКСПЕРИМЕНТ

На біологічну структуру (сало свині) направляємо лазерний пучок таким чином, що частина його падала на темний екран, який знаходиться під прямим кутом до сала.

На рис. 2. наведена експериментальна установка, в якій показаний принцип відбиття лазерного пучка від темного екрану та його розсіювання на жировій тваринній структурі (сало), де 1 – падаючий лазерний пучок, 2 – корпус, на якому установлений темний екран під прямим кутом до біологічної структури, 3 – темний екран, 4 – жирова тваринна структура, h – глибина проникання лазерного випромінювання в біологічну структуру, l_1 – діаметр розсіювання пучка до темного екрану, l_2 – діаметр розсіювання пучка після темного екрану.

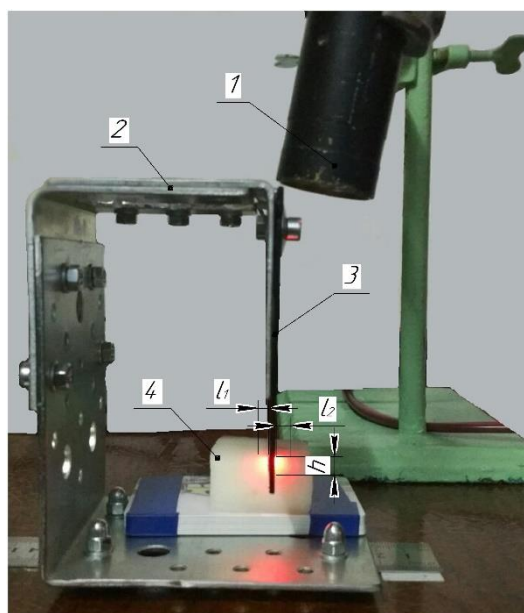


Рис. 2 Експериментальна установка і принцип відбиття лазерного пучка від темного екрану та його розсіяння на жировій тваринній структурі.

Експеримент проводився під різними кутами падіння лазерного випромінювання на біологічну структуру.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При обробці даних експерименту було визначено глибину проникання лазерного випромінювання h в біологічну структуру, його діаметр розсіяння до темного екрану l_1 та після темного екрану l_2 під різними кутами:

а) – 15° ; б) – 30° ; в) – 45° ; г) – 60° ; д) – 70° .

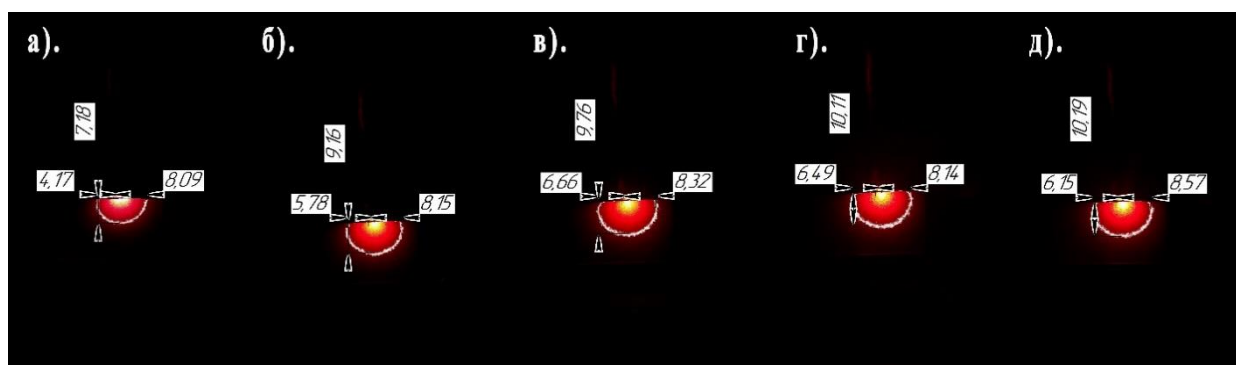


Рис. 3 Глибина проникання лазерного випромінювання h в біологічну структуру, його діаметр розсіяння до темного екрану l_1 та після темного екрану l_2 під різними кутами: а) – 15° ; б) – 30° ; в) – 45° ; г) – 60° ; д) – 70° .

Таблиця 1. Числові дані у вигляді таблиці

N	α	l_1 (мм)	l_2 (мм)	h (мм)
1.	15°	4,17	8,09	7,18
2.	30°	5,78	8,15	9,16
3.	45°	6,66	8,32	9,76
4.	60°	6,49	8,14	10,11

5.	70°	6,15	8,57	10,19
----	-----	------	------	-------

Визначення та обробка результатів проводилася за допомогою фотографуючого пристрою та використання програм Compas та Photoshop.

По результатам можна зробити наступні висновки:

1. Чим гостріший кут падіння лазерного випромінювання до біологічної структури, тим глибше глибина проникання лазерного випромінювання.

2. Діаметри розсіяння пучка до та після темного екрану від біологічної структури мають залежність з глибиною проникання лазерного випромінювання.

ВИСНОВКИ

Експериментально виявлена залежність параметрів відбиття лазерного променя від біологічної структури та глибини його проникнення. Метод дозволяє розрахувати діаметри розсіяння світла до та після темної пластини, що дає нам можливість визначити глибину проникання лазерного випромінювання в біологічну структуру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Проникнення лазерного випромінювання в біологічні тканини // URL:https://studbooks.net/1973405/meditsina/proniknovenie_lazernogo_izlucheniya_biologicheskie_tkani
- [2] Баграмов Р. И., Александров М. Т., Сергеев Ю. Н. Мир биологии и медицины — Москва: изд-во Техносфера, 2010. — 576 с.: ил. С. —14.
- [3] Тимчик Г. С. Моніторинг зміни температур при лазерній терапії / Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, М. Р. Печена // Вісник НТУУ "КПІ". Серія: Приладобудування. - 2014. - Вип. 47. - С. 156-162.
- [4] Терещенко М.Ф. Біофізика: підручник / М.Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, І.О.Яковенко.-Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 444 с.ISBN 978-966-622-942-0 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27589>
- [5] Сорока С. О. Визначення глибини розповсюдження лазерного випромінювання в біологічну структуру тіньовим методом / С. О. Сорока, А.С. Харевич // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково – технічної конференції студентів, та молодих вчених Погляд у майбутнє приладобудування, НТУУ «КПІ» імені Ігоря Сікорського, 2018 р., с. 370–373
- [6] Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум . / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 288с. ISBN 978-966-622-952-9, <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>
- [7] Патент України на корисну модель № 130687 Спосіб визначення глибини проникнення лазерного випромінювання в біологічну структуру тіньовим методом / Сорока С.О., Харевич А.С., Терещенко М.Ф. опубл. Бюл.№24 від26.12.2018 р.

Наук. керівник – к.т.н., доцент Терещенко М.Ф.