

ВИСОКОЧУТЛИВИЙ ОПТИЧНИЙ СПЕКТРОАНАЛІЗАТОР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОГЛИНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ СЛАБКОПРОЗОРИХ МАТЕРІАЛІВ

*Яненко О. П.¹, д.т.н., проф., Шевченко К. Л.¹, д.т.н., доц.,
Шульга В. О.¹, магістрант, Головчанська О. Д.², к.м.н., доц.*

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна,

²Національний медичний університет ім. О. Богомольця, м. Київ, Україна

Засоби з використанням в якості інформативного сигналу світлового потоку знаходять все більш широке застосування. Пояснення цього знаходимо в появі малогабаритних джерел світла, високочутливих фотоелементів, волоконно-оптичних ліній та світловодів, оптичних модуляторів та інших сучасних елементів оптотехніки. Використання лазерних та світлодіодних джерел світла поширюється в системах зв'язку та автоматики, харчовій та хімічній промисловості, матеріалознавстві, в технологіях лікування і діагностики практичної медицини та інших галузях життєдіяльності людини [1].

Важливим напрямком застосування оптичних засобів є визначенням проникаючої здатності світлових потоків в об'єкти дослідження та визначення ряду параметрів-глибини проникнення, коефіцієнта ослаблення або поглинання. Для вирішення цих задач використовують фотометри та оптичні радіометри [2]. Вивчення взаємодії слабо прозорих матеріалів та рідин зі світловими потоками різної довжини хвиль проводиться з використанням оптичних спектроаналізаторів. В загальному вигляді поглинання світлового потоку речовиною описується законом Бугера-Ламберта

$$I(d) = I_0 e^{-kd}, \quad (1)$$

де I_0 — інтенсивність випромінювання; $I(d)$ — інтенсивність випромінювання, що пройшло матеріал товщиною d ; k — коефіцієнт поглинання.

Створення такої апаратури вимагає забезпечення високої чутливості та точності вимірювання вихідних параметрів світлових потоків, що проходять через досліджувані матеріали.

Відомий радіометричний модуляційний вимірювач інтенсивності оптичного випромінювання описаний, наприклад, в [3], дещо спрощує процес вимірювання та забезпечує підвищення чутливості визначення параметрів світлового потоку. До недоліків наведеної схеми слід віднести відсутність можливості оцінки поглинальної здатності матеріалів та рідин, глибини проникнення світлового потоку, наприклад в біотканину та визначення коефіцієнта затухання. В то же час, в повній мірі цим вимогам задовольняють спектроаналізатори, побудовані на основі оптичного радіометра, з модуляційним перетворенням світлових сигналів.

На рис. 1 наведена запропонована авторами спрощена структурна схема модуляційного спектроаналізатора, який поряд із забезпеченням високої чутливості дозволяє проводити вимірювання параметрів проходження світлового потоку через досліджуваний матеріал.

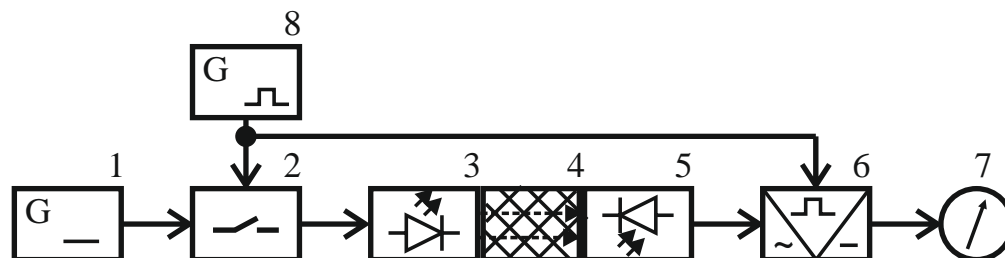


Рисунок 1. Спрощена схема модуляційного оптичного спектроаналізатора

На рис. 1 позначено: 1 — блок живлення, 2 — модулятор, 3 — джерело опромінюючого світла, 4 — зразок органічної біотканини, 5 — фотоприймач, 6 — синхронний детектор, 7 — індикатор, 8 — генератор частоти комутації.

В якості джерела опромінення застосована світлодіодна триколіорова матриця з мініатюрними точковими світлодіодами синього, зеленого та червоного кольору. Фотоприймач виконаний на базі фототранзистора, який забезпечує додаткове збільшення чутливості спектроаналізатора. Джерело опромінюючого світла та фототранзистор представляють собою оптоелектронний перетворювач. Фотоелемент встановлений на рухомій каретці, що дозволяє розмішувати зразки досліджуваного матеріалу впритул між світлодіодами та фототранзистором, зменшуючи розсіювання світла.

За допомогою спектроаналізатора проведені дослідження проходження оптичного випромінювання через біологічні об'єкти — зрізи тваринної та рослинної тканини із збереженим поверхневим шаром. Із об'єктів дослідження формувалися зразки кубічної форми із стороною 10 мм (рис. 2).

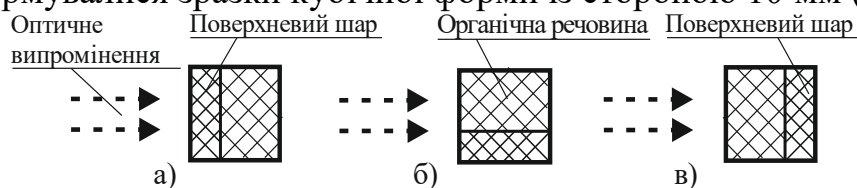


Рисунок 2. Схема розташування зразків біологічної речовини з поверхневим шаром

Процедура опромінення досліджуваних зразків проводилась в наступній послідовності:

- на першому етапі опромінювались зразки з боку поверхневого шару, який є захисним шаром для тваринних і рослинних об'єктів (рис. 2, а). Опромінення проводилось по чергово на 3 довжинах хвиль;
- на другому етапі досліджувалась поглинальна здатність органічної речовини під поверхневим шаром (рис. 2, б);
- на третьому етапі проводилась оцінка поглинальної здатності зразка з

боку органічної речовини через поверхневий шар (рис. 2, в).

На рис. 3 наведені результати експериментальних досліджень.

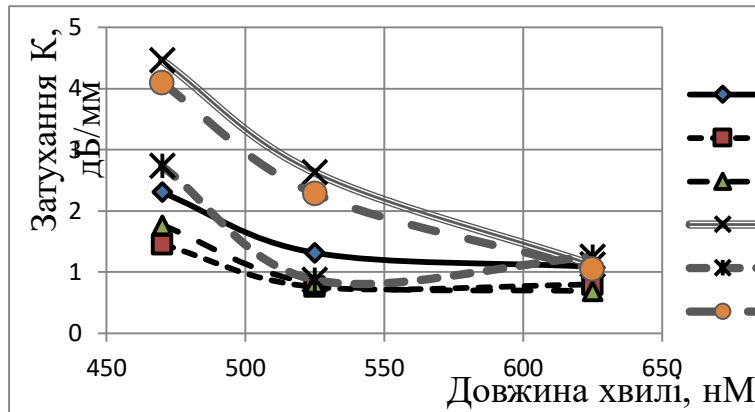


Рисунок 3. Залежність затування оптичного випромінювання в досліджуваних зразках

Позначення кривих на рис. 3: 1, 2, 3 — рослинна тканина (яблуко); 4, 5, 6 — тваринна тканина (жир). Криві 1, 4 відповідають розміщенню зразків згідно рис. 2, а, 3, 6 — рис. 2, б, а 2, 5 — згідно рис. 2, в.

З графіка видно, що на довжині хвилі, яка відповідає червоному кольору, затування мінімальне, а на довжині хвилі, яка відповідає синьому — максимальне.

Показники органічної речовини для зеленого та червоного світла практично співпадають. При проходженні світла за варіантом рис. 2, а та рис. 2, в в тканинах проявляються слабкі «детекторні» властивості на всіх довжинах хвиль.

Перелік посилань

1. Зеленков І.А. Фотометрія: Навчальний посібник. — НАУ, Київ: 2003. — 211 с.
2. Основы оптической радиометрии / Под ред. проф. А.Ф. Котюка. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 372 с.
3. Яненко О.П., Михайленко С.В., Ліснічук А.С. Радіометричний модуляційний вимірювач інтенсивності оптичного випромінювання. / Вісник НТУУ "КПІ". Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — К.: 2013, — №52. С. 96-101.

Анотація

Розглянута спрощена структурна схема високочутливого спектроаналізатора та приведені результати експериментального дослідження проходження світлових потоків різної довжини хвиль через зразки тваринної та рослинної тканини.

Ключові слова: високочутливий спектроаналізатор, світловий потік, затування

Аннотация

Рассмотрена упрощенная структурная схема высокочувствительного спектроанализатора и приведены результаты экспериментального исследования прохождения световых потоков разной длины волн через животные и растительные ткани.

Ключевые слова: высокочувствительный спектроанализатор, световой поток, затувание.

Abstract

Considered a simplified block diagram of a highly sensitive spectrum analyzer and results of experimental studies passage light beams of different wavelengths through samples of animal and plant tissue.

Keywords: highly sensitive spectrum analyzer, light output, damping.