

АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Чорна М. О., Мороз С. О.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено теоретичний аналіз резонансної системи для вимірювання хемілюмінесценції насіння індукованої край високочастотним випромінюванням.

Постановка проблеми. При аналізі дії ЕМП на рослини і тварин, явищами є дослідження, в яких випромінюванню підлягає комплекс, що включає біологічний об'єкт і технічні пристрої. При низькоенергетичних рівнях ЕМП, що впливають на біологічний об'єкт, систему вимірювання повинні відрізнити висока чутливість, точність вимірювання, вибірковість та інтегральна оцінка вимірюваної величини, універсальність у виборі об'єкта дослідження, висока надійність і взаємодія датчиків з досліджуванним біологічним речовиною, ведення безперервної реєстрації вимірюваної величини. Технічні системи для контролю змін хемілюмінесценції біологічних об'єктів повинні вимірювати як спонтанну, так і індуковану різними фізичними факторами біохемілюмінесценцію [1, 2].

Мета статті. Провести теоретичний аналіз резонансної системи для вимірювання хемілюмінесценції насіння індукованої край високочастотним випромінюванням.

Основна частина. При хемілюмінесценції виникають дуже слабкі світлові потоки, і тому інтенсивність надслабкого світіння при вивченні впливу ЕМП на найважливіші процеси життєдіяльності біологічних об'єктів може бути оцінена з допомогою фотометричних установок, головним елементом яких є фотоелектронний помножувач (ФЕП). Фотоелектронні помножувачі перетворюють світловий сигнал в електричний (електричні імпульси). Число імпульсів пропорційно числу квантів, що падає на фотокатод. Далі отримані імпульси посилюються і реєструються [3].

При розробці системи вимірювання хемілюмінесценції насіння соняшнику необхідно вирішення наступних завдань:

- вибір методу вимірювання вихідного сигналу ФЕП;
- вибір фотоприймача;
- розробка резонаторного пристрою з кюветою для насіння соняшнику.

У численних роботах показано, що зміна квантів світла можливе на основі застосування фотоелектронних пристроїв, чутливість яких дозволяє виділяти сигнали порядку 10...103 імп/с. На тлі шумів дуже важко виділити цей сигнал, тому при вимірюванні як спонтанної, так і індукованої біохемілюмінесценції важливо правильно вибрати метод вимірювання вихідного сигналу ФЕП.

Залежно від використовуваного методу вимірювання найбільшого поширення знаходять три основні схеми включення ФЕП:

- схема вимірювання середнього анодного струму

(струмова схема);

- схема синхронного детектування сигналу;
- схема рахунку одиничних фотонів або схема рахунку імпульсів.

Для вибору методу вимірювання вихідного сигналу ФЕП можна користуватися даними табл. 1.

Таблиця 1 – Методи вимірювання вихідного сигналу ФЕП

Найменування методу	Ефективність
1. Метод рахунку фотонів. Інтегрування заряду	1 0,67
2. Синхронне детектування	0,50 (реєстрація в режимі рахунку) 0,33 (реєстрація інтегруванням) 0,07 (вузькосмугова модуляція по 1-й гармоніці)
3. Струмовий	0,50

Порівняємо лічильний і струмовий режими, користуючись комбінацією пуассонівського і біноміального розподілу для рахункового режиму. Ймовірність $P_{(n)}$ досягнення n фотонами катода ФЕП представимо як:

$$P_n = \frac{\bar{n}^n e^{-\bar{n}}}{n!} \quad (1)$$

де n – частка падаючих на фотокатод або середня ефективність збирання.

Ймовірність вибивання n електронами x вторинних електронів:

$$P_n = \frac{\bar{n}^n e^{-\bar{n}}}{n!} a^x (1-a)^{n-x} \quad (2)$$

Ймовірність P_x вибивання x фотоелектронів середньою кількістю фотонів одержуємо як суму

добутків двох попередніх ймовірностей:

$$P_x = \sum_{n=x}^{\infty} P_n P_{n,x} = \frac{e^{-\bar{n}} (\bar{n})^x}{x!} \sum_{n=x}^{\infty} \frac{[n(1-a)]^{n-x}}{(n-x)!} = \frac{(\bar{n}) e^{-\bar{n}a}}{x!}. \quad (3)$$

Число імпульсів ФЕП за одиницю часу $N = \nu \sum_{x=1}^{\infty} P_x$, тобто дорівнює ймовірності вибивання

фотоелектронів у всій області значень x , від 1 до ∞ :

$$N = \nu \sum_{x=1}^{\infty} P_x = \sum_{x=1}^{\infty} \frac{(\bar{n}) e^{-\bar{n}a}}{x!} = \nu (1 - e^{-\bar{n}a}) = \nu \left[\bar{n}a + \left(\frac{\bar{n}a}{2} \right)^2 + \dots \right] \quad (4)$$

де n – кількість квантів джерела світла.

Для одноелектронного режиму рахунку ймовірності вибивання двох фотоелектронів з фотока-тода одним фотоном $P_{x=2} \langle P_{x=1} \rangle$, де:

$$P_{x=1} = \bar{n}a^{-\bar{n}a}, \quad a P_{x=2} = \left(\frac{\bar{n}a}{2} \right)^2 e^{-\bar{n}a}.$$

При слабкому світловому потоці і одноелектронній реєстрації складає дуже малу величину порівняно з $\bar{n}a$:

$$N = \nu \bar{n}a. \quad (5)$$

Для порівняння рахункового та токового режиму реєстрації з точки зору чутливості реєстрації слабого світлового потоку візьмемо середній ФЕП, в якому забезпечується одноелектронний режим і є наступні дані:

$$\bar{n} = 0,2;$$

$$a = 0,1; \nu = 10^4 \text{ c}^{-1}; K_{\text{уфв}} = 10^6;$$

$$I_T = 5,10^{-8} \text{ A}; N_T = 20 \text{ імп/с}.$$

Тоді для режиму рахунку згідно з (3.5) $N = 200$ імп/с, а співвідношення сигнал/шум:

$$\frac{N}{\sqrt{N + N_T}} = \frac{200}{15} = 13. \quad (6)$$

Для струмового режиму корисний сигнал на виході ФЕП:

$$I_C = NK_{\nu} 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ A}. \quad (7)$$

У цьому випадку корисний сигнал буде більш, ніж на три порядки нижче темного струму фото-приймача, і не може бути виділена. Чутливість стру-мого режиму в цьому випадку нижче чутливості ра-хункового більш, ніж в 1000 раз. Це важлива перевага режиму рахунку фотонів для випадку реєстрації гра-нично слабких світлових потоків характерно для

біодосліджень [4].

Перевагами методу імпульсного перед струмовим також є: більша стабільність в роботі, низький рівень шумів, виключається темновий струм і дрейф нуля, незалежність від струму анода і його навантажуваль-ного опору. Інші методи можуть розглядатися як додаткові і дають переваги лише в специфічних умо-вах [5].

Висновок. В розроблюваній установці доцільно застосувати метод вимірювання вихідного сигналу фотоприймача – метод рахунку фотонів, що дозво-лить проводити ефективні вимірювання як спонтанної біохемілюмінесценції, так і індукованої інформаційним ЕМП.

Список використаних джерел

1. Пилюгина В. В. Электромагнитная стимуляция в растениеводстве (Обзорная информация) / В. В. Пи-люгина, А. В. Регуш. – М.: Наука, 1980. – 50 с.
2. Мікрохвильові технології в народному господарстві. Втілення. Проблеми. Перспективи: [Зб. наук. пр. / ред. акад. МАІ Калінін Л. Г.] – Київ-Одеса, 2002. – Вып. 4. – 220 с.
3. Меркулова Л. М. Реакции возбудимых тканей организма на импульсные магнитные поля / Меркуло-ва Л. М., Холодов Ю. А. – Чебоксары: Чувашский ун-т, 1996. – 176 с..
4. Журавлев А. И. Теоретические и методические основы биохемілюмінесценции / Журавлев А. И. и др. – М.: Наука, 1986. – 56 с.
5. Перцев А. И. Одноелектронные характеристики ФЭУ и их применение / Перцев А. И., Писарев-ский А. Н. – М.: Атомиздат, 1971. – 189 с.

Аннотация

АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Чёрная М. А., Мороз С. А.

Проведен теоретический анализ резонансной си-стемы для измерения хемілюмінесценции семян ин-дуцированной край высокочастотным излучением.

Abstract

ANALYSIS OF THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF SYSTEMS OF MEASUREMENT CHEMILUMINESCENCE OF BIOLOGICAL OBJECTS

M. Chornaya, S. Moroz

Theoretical analysis of the resonant system for meas-uring chemiluminescence seeds induced crimewashington radiation.