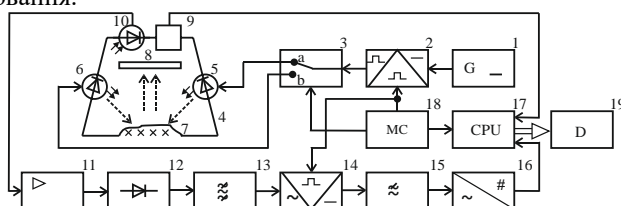


## ВИСОКОЧУТЛИВИЙ ВИМІРЮВАЧ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Фотолюмінісцентні процеси і апаратура для вимірювання їх параметрів представляють достатньо складну галузь фотометрії. В той же час використання фотолюмінесценції є перспективним для діагностики стану біологічних тканин, дослідження матеріалів в медицині, харчовій та хімічній промисловості [1, 2]. Використання цих методів підвищує ефективність медико-діагностичних досліджень, однак на ринку відсутня проста та доступна апаратура для їх проведення, що обумовлює актуальність розробки.

Авторами [3] запропонований фотометричний вимірювач інтенсивності люмінесцентного випромінювання звикористанням комутаційно-модуляційного перетворення оптичного інформаційного сигналу. Для опромінення досліджуваного об'єкта використовуються світлодіоди ультрафіолетового (УФ) та інфрачервоного (ІЧ) діапазонів. Випромінювання УФ діапазону забезпечує дослідження поверхневих шарів біологічної тканини, а ІЧ сигнали – глибоких.

На рисунку представлена функціональна схема розробленого авторами вимірювача потужності люмінесцентного випромінювання.



Вимірювач працює наступним чином. Спочатку проводиться вимірювання потужності люмінесценції при збудженні УФ сигналом. Для цього ключ 3 сигналом з мікроконтролера 18 встановлюють в положення *a*, періодично подаючи на УФ світлодіод 5 напругу з модулятора 2. Це призводить до періодичної модуляції світлового потоку, що опромінює об'єкт дослідження 7. При цьому формується модульований відгук сигналу люмінесценції.

За один період модуляції на фотодіод 10 поступають два сигнали:

$$\begin{cases} \phi_1(t) = K_v \phi_o(t) + \phi_w(t) \\ \phi_2(t) = \phi_w(t) \end{cases},$$

де  $\phi_o(t)$  – опромінюючий сигнал світлодіода 5;  $K_v$  – коефіцієнт енергетичного виходу люмінесценції;  $\phi_w(t)$  – сигнал шумів, наводок та інших завад на вході фотодіода 10.

Відповідно, на навантаженні фотодіода 10 виділяється напруга:

$$\begin{aligned} U_1 &= S_1(K_v I_o + I_w)R_n = S_1(U_o + U_w), \\ U_2 &= S_1 I_w R_n = S_1 U_w, \end{aligned}$$

де  $S_1$  – крутість перетворення фотодетектора 10;  $I_o, I_w$  – струми, які відповідають амплітуді люмінесцентного випромінювання  $U_o$  та шумових завад  $U_w$ ;  $R_n$  – опір навантаження фотодетектора 10.

Після підсилення (11), квадратичного детектування (12), смугової фільтрації за частотою комутації (13), синхронного детектування (14) на виході вимірювального каналу компенсуються шуми, а фільтром нижніх частот 15 виділяється напруга, яка пропорційна потужності люмінесцентного випромінювання:

$$U_5 = \frac{1}{2} S_2 U_3 (U_1 - U_2)^2 = \frac{1}{2} S_2 (K_v U_o + U_w - U_w)^2 = 0,5 S_2 K_v U_o^2 U_4 \approx P_o,$$

де  $S_2$  – сумарний коефіцієнт перетворення вимірювального каналу.

Отримане значення потужності випромінювання перетворюється АЦП 16 в код і подається на пристрій реєстрації сигналів. Дослідження люмінесцентного відгуку в ІЧ діапазоні виконується аналогічно при перемиканні ключа 3 в положення *b* і роботі світлодіода 6.

З кінцевого рівняння видно, що шуми каналу перетворення не впливають на результат вимірювання, що дозволяє на 1...2 порядки збільшити чутливість вимірювача, а відповідно і його точність.

### Список використаних джерел

1. Shimomura, Osamu. Bioluminescence: chemical principles and methods. WorldScientific, 2006. ISBN 9812568018, 9789812568014.
2. Aubin Fleissand Karen S. Sarkisyan. A brief review of bioluminescent systems (2019) Архівна копія від 27.12.2020 на WaybackMachine. CurrGenet. 2019; 65(4): 877-882. PMID 30850867.
3. Вимірювач потужності люмінесцентного випромінювання. Патент України на корисну модель № 143355 Бюл. №15 від 10.08.2020 р.