

## ОПТИКО-ЧАСТОТНИЙ СЕНСОР ГАЗУ ДЛЯ СКРИНІНГ ТЕСТУ ШТАМІВ БАКТЕРІЇ HELICOBACTER PYLORI

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет;

<sup>2</sup> Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

### Анотація

В роботі розглянуто оптико-частотний сенсор концентрації газу для скринінг тесту штамів бактерії *Helicobacter Pylori*. Даний оптико-частотний сенсор концентрації газу побудований на основі транзисторної структури з від'ємним диференційним опором з чутливими до оптичного випромінювання МДН транзистором з спектром поглинання в діапазоні інфрачервоного випромінювання 1590 – 1610 нм відповідного для спектру поглинання аміаку. Розроблено математичну модель оптико-частотного сенсора концентрації газу, що враховує вплив оптичного випромінювання на елементи нелінійної еквівалентної схеми МДН транзистора.

**Ключові слова:** оптико-частотний сенсор концентрації газу; від'ємний диференційний опір; фоточутливий МДН транзистор; *Helicobacter Pylori*; концентрація газу.

### Abstract

The optical-frequency gas concentration sensor for screening test of *Helicobacter Pylori* strains is considered in the paper. This optical-frequency gas concentration sensor is based on a transistor structure with a negative differential resistance with an optical-sensitive MOSFET transistor with an absorption spectrum in the infrared radiation range of 1590 - 1610 nm corresponding to the ammonia absorption spectrum. A mathematical model of the optical-frequency gas concentration sensor has been developed, which takes into account the influence of optical radiation on the elements of the nonlinear equivalent circuit of the MOS transistor.

**Keywords:** optical-frequency gas concentration sensor; negative differential resistance; photosensitive MOSFET transistor; *Helicobacter Pylori*; gas concentration.

### Вступ

Ефективність діагностування різних захворювань з використанням нових методів та засобів є актуальним напрямом сучасної медико-біологічних приладів та систем. Неінвазивний метод аналізу повітря, що видихає людина, в останній час є новий напрямок в діагностуванні захворювань [1, 2]. Наразі визначення різних штамів бактерії *Helicobacter pylori* набуло досить великого значення у зв'язку з розповсюдженістю та ролі її у розвитку багатьох серйозних захворювань людини [1]. У медичній практиці використовуються сучасні засоби діагностики *Helicobacter pylori* та застосовується нова протиінфекційна стратегія лікування гастродуоденальних захворювань [2]. Одним із методів дихальної діагностики є метод заснований на визначенні аміаку ( $\text{NH}_3$ ) в повітрі, що видихається альвеолами і концентрацією аміаку, що надходить зі шлунка людини, при оцінці сумарної концентрації аміаку [3].

### Результати дослідження

На основі проведених літературних досліджень встановлено, що одним із перспективних напрямків при розробці сенсорів газу для дихальної діагностики в медичній техніці є використання оптико-частотних сенсорів концентрації газу на основі транзисторних структур з від'ємним диференційним опором [4, 5]. Проведені теоретичні та практичні дослідження показали, що використовуючи реактивні властивості транзисторних структур з від'ємним диференційним опором, можна значно підвищити чутливість та точність вимірювання концентрації аміаку ( $\text{NH}_3$ ) [5, 6].

Використання транзисторної структури з від'ємний диференційним опором, який забезпечується внутрішнім зворотним зв'язком і слугує для компенсації втрат в коливальному контурі генератора дозволить підвищити чутливість вимірювання контрольованого параметра, зокрема аміаку, в діагностичних медичних систем, а також забезпечити високу завадостійкість інформативного сигналу.

Якщо величина падіння напруги і величини повного опору транзисторної структури залежить від величини вимірювального параметра, то за зміною частоти коливань такого вимірювального генератора можна визначити величину концентрації аміаку у повітрі, що видихає людина. На рис. 1 представлена схема оптико-частотного сенсора концентрації газу на основі фоточутливого МДН транзистора та біполярного транзистора.

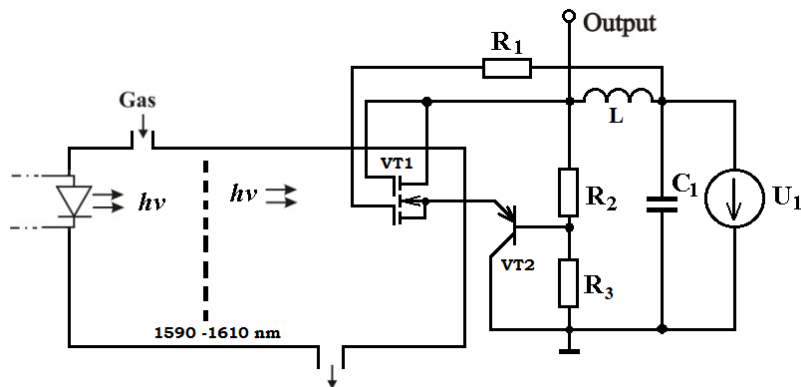


Рис.1. Схема оптико-частотного сенсора концентрації газу

В оптико-частотному сенсорі концентрації газу, ємність коливального контуру автогенератора реалізується ємнісною складовою повного опору на електродах стік-колектор польового фоточутливого транзистора VT1 і біполярного транзистора VT2, та пасивної індуктивності. Спектр поглинання NH<sub>3</sub> знаходиться в діапазоні інфрачервоного випромінювання 1590 – 1610 nm [7]. Для одержання основних аналітичних співвідношень скористаємося звичайною структурою МДН транзистора з індуктованим п-каналом. Рішення інтегралів рівняння неперервності зроблено чисельним методом на персональному комп'ютері. Під час розрахунках повного опору були використані значення параметрів транзисторів BF998 та BFT92.

Розрахунки функції оптико-частотного сенсора концентрації газу, що являє собою залежність частоти генерації від потужності оптичного випромінювання і відповідно концентрації газу, можна одержати на основі рішення системи рівнянь відповідно до нелінійної еквівалентної схеми. У загальному виді функція перетворення описується рівнянням

$$F(P, C) = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC_{eqv}(P, C)}}, \quad (1)$$

де  $C_{eqv}(P, C)$  – еквівалентна ємність коливального контуру автогенератора. Чутливість оптичного перетворювача концентрації газу визначається на основі (1)

$$S(P) = -\frac{1}{4\pi} \frac{\frac{dC_{eqv}(P, C)}{dP}}{(LC_{eqv}(P, C))^{3/2}}. \quad (2)$$

Для перевірки теоретичних розрахунків параметрів оптико-частотного сенсора концентрації газу від потужності оптичного випромінювання проведено їхнє порівняння з експериментальними даними, які проводилося в діапазоні 1-5 МГц. Джерелом оптичного випромінювання слугував світловипромінюючий діод на основі InGaAsP типу XL3528IRC/1500 з максимумом спектрального розподілу на довжині хвилі  $\lambda = 1550$  nm. На рис. 2 представлені теоретичні та експериментальні залежності частоти генерації від концентрації газу. Зменшення частоти генерації пов'язане зі зростанням еквівалентної ємності коливального контуру автогенератора, що обумовлено фотогенерацією нерівноважних носіїв заряду в областях стокового та витокового р-п переходів та каналу МДН транзистора.

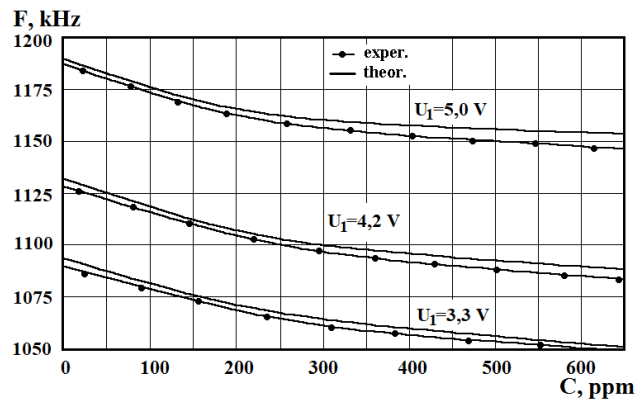


Рис.2. Теоретичні та експериментальні залежності частоти генерації від концентрації аміаку

### Висновки

Розроблено оптико-частотний сенсор концентрації газу для скринінг тестування штамів бактерії *Helicobacter pylori*. В розробленому сенсорі фоточутливий польовий транзистор разом з біполярним транзистором реалізують ємність коливального контуру оптико-частотного сенсора концентрації газу, який змінюється під дією оптичного випромінювання, а відповідно концентрації аміаку, що дозволило підвищити чутливість сенсора концентрації газу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хомерики С.Г., Касьяненко В.И. Лабораторная диагностика инфекции *Helicobacter pylori*. - СПб.: ООО АМА, 2011, - 110 с.
2. Методы диагностики *Helicobacter pylori*: учебное пособие / И. Г. Акопян, Н. В. Барышникова, Т. М. Григорян, Ю. С. Евстратова, А. В. Козлов, И. Ю. Мельникова и др. Под ред. Козлова В.П. - СПб.: «Издательство Диалект», 2008. - 88 с.
3. Барышникова Н.В. Актуальные проблемы диагностики *Helicobacter pylori* / Терапевтическая гастроэнтерология. №2, 2009. С. 50-56.
4. Осадчук В. С., Осадчук А. В. Реактивные свойства транзисторов и транзисторных схем. - Винница: «Универсум-Винница», 1999. - 275 с.
5. Oleksandr V. Osadchuk, Volodymyr S. Osadchuk, Iaroslav O. Osadchuk, Maksat Kolimoldayev, Pawel Komada, Kanat Mussabekov. Optical transducers with frequency output // Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104451X (August 7, 2017); doi:10.1117/12.2280892
6. Alexander V. Osadchuk; Vladimir S. Osadchuk; Iaroslav A. Osadchuk; Olena O. Seletska; Piotr Kisała; Karlygash Nurseitova. Theory of photoreactive effect in bipolar and MOSFET transistors // Proceedings Volume 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019; 111761I (2019)
7. Тарасевич Б.Н., ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. МГУ имени М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии. –Москва, 2012. – 55 с.

**Осадчук Александр Володимирович** — докт. техн. наук, проф., зав. кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, osadchuk.av69@gmail.com

**Осадчук Неоніла Іванівна** — канд. мед. наук, доцент кафедри мікробіології, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

**Осадчук Ярослав Олександрович** — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет

**Alexander Osadchuk** — Doc. Tech. Sc., prof. Head of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, osadchuk.av69@gmail.com

**Neonila Osadchuk** — Ph.D.Med., Department of Microbiology, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

**Iaroslav Osadchuk** — Ph.D.Tech., Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine