

# ОПТИЧНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ГАЗУ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ 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 оптичний перетворювач концентрації газу з частотним виходом для скринінг тесту штамів бактерії Helicobacter Pylori. Даний оптичний перетворювач концентрації газу з частотним виходом побудований на основі транзисторної структури з від'ємним диференціальним опором з чутливими до оптичного випромінювання МДН транзисторами з спектром поглинання в діапазоні інфрачервоного випромінювання 1590 – 1610 нм відповідного для спектру поглинання NH<sub>3</sub>. Розроблено математичну модель оптико-частотного перетворювача концентрації газу, що враховує вплив оптичного випромінювання на елементи нелінійної еквівалентної схеми МДН транзисторів.*

**Ключові слова:** частотний перетворювач оптичного випромінювання; від'ємний диференціальний опір; фоточутливий МДН транзистор; Helicobacter Pylori; концентрація газу.

## **Abstract**

*The paper deals with the optical transducer of gas concentration with frequency output for screening test of Helicobacter Pylori bacteria strains. This optic-frequency transducer of gas concentration is constructed on the basis of a transistor structure with a negative differential resistance with sensitive to optical radiation of MOSFET transistors with absorption spectrum in the range of infrared radiation 1590 - 1610 nm corresponding to the absorption spectrum of NH<sub>3</sub>. A mathematical model of the optical-frequency transducer of gas concentration has been developed, taking into account the influence of optical radiation on the elements of a nonlinear equivalent circuit of MOSFET transistors.*

**Keyword:** optic-frequency transducer; negative differential resistance; photosensitive MOSFET transistor; Helicobacter Pylori; gas concentration.

## **Вступ**

Підвищення ефективності діагностування різних захворювань з використанням новітніх методів та приладів, а також різнобічний аналіз ознак є актуальним напрямом сучасної медицини. Неінвазивний метод аналізу видихаємого повітря пацієнтом, в останнє десятиліття викликає підвищений інтерес. На сьогоднішній день визначення різних штамів бактерії Helicobacter pylori набуло великої значимості у зв'язку з розповсюдженістю та її ролі у розвитку багатьох серйозних захворювань [1]. У медичній практиці використовуються сучасні засоби діагностики хелікобактерної інфекції і застосовується нова протиінфекційна стратегія лікування гастроудоденальних захворювань [2]. Одним із методів дихальної діагностики є метод заснований на визначенні аміаку (NH<sub>3</sub>) в повітрі, що видихається альвеолами і концентрацією аміаку, що надходить зі шлунка, при оцінці сумарної концентрації аміаку [3].

## **Теоретичні та експериментальні дослідження**

Одним із перспективних напрямків при розробці перетворювачів концентрації газу для дихальної діагностики є використання оптичних перетворювачів концентрації газу з частотним виходом на основі реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним диференціальним опором [4, 5]. Даний тип перетворювачів дозволяє розв'язати задачу використання аналогово-цифрових перетворювачів, оскільки реалізовує метод перетворення "інформативний сигнал – частота", який є одним з найкращих для подальшої обробки на комп'ютері [6]. Проведені теоретичні та практичні дослідження показали, що використовуючи реактивні властивості напівпровідникових приладів та транзисторні структури, в яких

існує від'ємний диференційний опір, можна значно підвищити чутливість та точність вимірювання концентрації газу, зокрема  $\text{NH}_3$  [7].

В ході аналізу оптимального варіанта конструкції вторинного перетворювача концентрації газу, було зроблено висновок про доцільність використання частотного методу перетворення інформації, що дозволить підвищити чутливість вимірювання контрольованого параметра, зокрема  $\text{NH}_3$ , в діагностичних медичних систем, а також забезпечити високу завадостійкість інформативного сигналу.

Транзисторні структури з від'ємний диференційним опором, який забезпечується внутрішнім зворотним зв'язком і слугує для компенсації втрат в коливальному контурі автогенератора. Якщо величина падіння напруги і величини повного опору транзисторної структури залежить від величини вимірювального параметра, то за зміною частоти коливань такого автогенераторного пристрою можна визначати величину вимірюваної фізичної величини. На рис. 1 представлена схема оптичного перетворювача концентрації газу з частотним виходом з чутливими елементами до оптичного випромінювання на основі польових МДН транзисторів з активним індуктивним елементом.

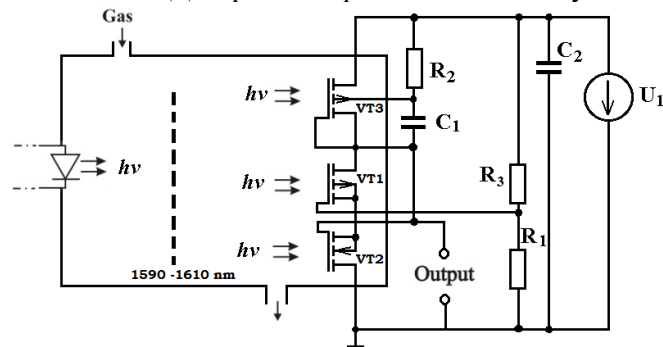


Рис.1. Схема оптичного перетворювача концентрації газу з частотним виходом

В оптичному перетворювачі концентрації газу з частотним виходом, ємність коливального контуру автогенератора реалізується ємнісною складовою повного опору на електродах стік-стік польових фоточутливих транзисторів VT1 і VT2, а індуктивність реалізується індуктивною складовою повного опору на електродах витік-стік фоточутливого транзистора VT3. Спектр поглинання  $\text{NH}_3$  знаходиться в діапазоні інфрачервоного випромінювання 1590 – 1610 нм [8]. Використання польових транзисторних структур з від'ємним опором дозволяє реалізувати автогенератор перетворювача, у якого як ємність, так і індуктивність на основі польових транзисторів залежить від оптичного випромінювання, що поліпшує чутливість і точність перетворювача. Для одержання основних аналітичних співвідношень скористаємося звичайною структурою МДН транзистора з індуктованим р-каналом. Рішення інтегралів рівняння неперервності зроблено чисельним методом на персональному комп'ютері. Під час розрахунків повного опору були використані значення параметрів транзисторів BSS84P та BSS7728.

Розрахунки функції оптичного перетворювача концентрації газу з частотним виходом, що являє собою залежність частоти генерації від потужності оптичного випромінювання і відповідно концентрації газу, можна одержати на основі рішення системи рівнянь відповідно до перетвореної еквівалентної схеми. У загальному виді функція перетворення описується рівнянням

$$\omega_0 = [L_{eq}(P)C_{eq}(P)]^{1/2}, \quad (1)$$

де  $\omega_0$  – кругова частота генерації,  $L_{eq}(P)$  – еквівалентна індуктивність коливального контуру,  $C_{eq}(P)$  – еквівалентна ємність коливального контуру автогенератора. Чутливість оптичного перетворювача концентрації газу визначається на основі (1)

$$\frac{d\omega_0}{dP} = -\frac{1}{2} [L_{eq}(P)C_{eq}(P)]^{-3/2} \left[ C_{eq}(P) \frac{dL_{eq}(P)}{dP} + L_{eq}(P) \frac{dC_{eq}(P)}{dP} \right]. \quad (2)$$

Для перевірки теоретичних розрахунків параметрів оптичного перетворювача концентрації газу з частотним виходом від потужності оптичного випромінювання проведено їхнє порівняння з експериментальними даними, які проводилося в діапазоні 1-1250 МГц. Джерелом оптичного випромінювання слугував світловипромінюючий діод на основі InGaAsP типу XL3528IRC/1500 з максимумом спектрального розподілу на довжині хвилі  $\lambda = 1550$  нм. На рис. 2 представлені теоретичні та експериментальні залежності частоти генерації від концентрації газу. Зменшення частоти генерації пов'язане зі зростанням еквівалентної ємності й індуктивності коливального контуру автогенератора, що обумовлено фотогенерацією нерівноважних носіїв заряду в областях каналу, витокового і стокового р-п переходів МДН транзисторів.

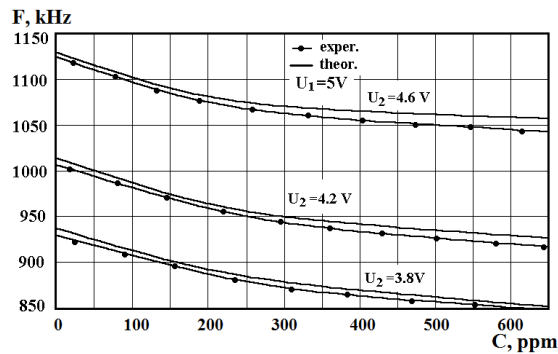


Рис.2. Теоретичні та експериментальні залежності частоти генерації від концентрації  $\text{NH}_3$

## Висновки

Розроблено оптичний перетворювач концентрації газу для скринінг тестування штамів бактерії *Helicobacter pylori*. В розробленому перетворювачі фоточутливі польові транзистори реалізують ємність і індуктивність коливального контуру оптичного перетворювача концентрації газу, які змінюються під дією оптичного випромінювання, а відповідно концентрації газу, що дозволило підвищити чутливість перетворювача концентрації газу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Хомерики С.Г., Касьяненко В.И. Лабораторная диагностика инфекции *Helicobacter pylori*. - СПб.: ООО АМА, 2011, - 110 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, Paweł 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. Осадчук В. С., Осадчук А. В. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором. –Вінниця: ВНТУ, 2006. – 162 с.
7. A.V. Osadchuk, V.S. Osadchuk, I.A. Osadchuk, O.O. Seletska. Frequency transducer of gas concentration in transistor structure with negative resistance // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. Тематический выпуск «Информационная безопасность». Вып.191. 2017. –С.195-202.
8. 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 Владимирович** — докт. техн. наук, проф., зав. кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, osadchuk.av69@gmail.com

**Осадчук Неоніла Іванівна** — канд. мед. наук, доцент кафедри мікробіології, <sup>2</sup>Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

**Осадчук Ярослав Александрович** — 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