

Міністерство освіти і науки України

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Цикл наукових праць

на здобуття щорічної премії Президента України

для молодих учених

**СЕНСОРИ ГАЗУ НА ОСНОВІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПОРУВАТИХ
ШАРІВ**

1. **КОГДАСЬ Максим Григорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та інформаційних технологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

2. **НАЙДА Віталій Володимирович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автоматизації та інформаційних технологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

3. **РУСІНЧУК Наталя Миколаївна** – кандидат фізико-математичних наук, асистент кафедри нанофізики конденсованих середовищ Інституту високих технологій КНУ ім. Т. Шевченка.

РЕФЕРАТ

КРЕМЕНЧУК – 2020

Реферат
циклу наукових праць Когдася Максима Григоровича, Найдю Віталія Володимировича, Русінчук Наталі Миколаївни, за темою
«Сенсори газу на основі напівпровідникових поруватих шарів»

Неінвазивна діагностика захворювань є одним з перспективних напрямків сучасної медицини. В останній час ведеться інтенсивний пошук та дослідження нових низьковимірних матеріалів, що мають нові корисні фізичні властивості і виготовлення на їх основі структур для застосування в якості сенсорів газових середовищ. Одним з таких перспективних матеріалів є напівпровідники з поруватим шаром що дає можливість виготовлення високочутливих, селективних та мініатюрних газових сенсорів.

Актуальність досліджень, пов'язаних з сенсорами в основі яких лежать НПШ, визначається тим, що виробництво напівпровідникових датчиків газу, зокрема CO (діагностування анемії, інфекції дихальних шляхів, астми), CO₂ (дисфункція печені і підшлункової залози), NO (гастрит, рак органів травлення), C₃H₆O (серцева недостатність, рак легенів), базується на технології оксидів напівпровідників які потребують нагріву та мають відносно малу швидкодію. Використання сенсорів на основі НПШ збільшить точність діагностування та зменшить час на діагностику. Також технологія виготовлення таких сенсорів дозволять здійснити їх інтеграцію у мікроконтролери.

Неінвазивний метод дозволяє діагностувати такі захворювання як бронхолегеневі, серцево-судинні, шлунково-кишкові та ряд інших. Аналіз концентрації газів які знаходяться в повітрі, що видихає людина може використовуватися як маркери різних захворювань, наприклад: діоксид вуглецю (CO₂) є маркером дисфункції печінки і підшлункової залози; монооксид вуглецю (CO) - анемії, інфекції дихальних шляхів, астми; окис азоту (NO) - гастрит, рак органів травлення; ацетон (C₃H₆O) - серцева недостатньою, рак легенів.

Аналіз складу повітря, що видихається є складним завданням зумовленої необхідністю забезпечити високу чутливість і селективність вимірювальної апаратури і методів вимірювання.

Застосування пористих напівпровідників, таких як поруватий кремній і поруватий GaAs в якості сенсорів газів описувалося в ряді робіт [5,6]. Поруваті напівпровідники показують хорошу чутливість до концентрації різних газів при кімнатній температурі, на відміну від сенсорів на основі не пористих напівпровідників, що зумовлено більшою площею контакту з молекулами газу за рахунок поруватості поверхні. Молекули газу взаємодіючи з поверхнею напівпровідника викликають зміну електричних властивостей.

Низькорозмірні структури, а особливо такі, як поруваті напівпровідники, привертають останніми роками все більш пильну увагу дослідників, як предмет для наукових досліджень і як

перспективний матеріал для приладів нового покоління з набором нових функціональних можливостей. Так в роботі [1] показано можливість використання поруватого GaAs, як антивідбиваючого покриття для сонячних елементів на основі GaAs. В результаті нітризації поруватих підкладок GaAs одержано тонкі плівки CaN кубічної [3] і гексагональної [4] модифікації залежно від орієнтації підкладки GaAs. Таким чином, область досліджень і застосування експериментальних зразків поруватих напівпровідників останнім часом різко зросла. Останнім часом, все більше уваги приділяється сенсорам газу з використанням діодів Шоттки. Слід зазначити, що Шоттки контакти к рор-GaAs також використовують для виявлення газів, таких як монооксид вуглецю. Таким чином, використання структур на основі поруватих шарів напівпровідників з контактами Шоттки для виявлення газів є перспективним напрямком для створення плівкових датчиків газу. Незважаючи на низьку науково-дослідних робіт які проводяться в багатьох лабораторіях по всьому світу, як і раніше існує багато проблем, пов'язаних з вирішенням питань чутливості, швидкодії, деградації та технології створення сенсорів газу.

З огляду на сказане, *метою* є удосконалення сенсорів газу на основі нанорозмірних поруватих шарів напівпровідників, за рахунок удосконалення технології отримання поруватих шарів з різним діаметром пір (40-60 нм) та створення до них контактів Шоттки, що дозволить поліпшити продуктивність діодних датчиків Шоттки як в плані чутливості так і в плані зменшення часу відгуку для виявлення газів.

Досягнення поставленої мети можливе за умови розв'язання наступних задач:

1. Аналіз технології отримання поруватого шару на підкладках напівпровідників та створення контактів до напівпровідників.
2. Удосконалення методу отримання поруватого шару на підкладках напівпровідників.
3. Розробити оптичну схему з використанням функціональних блоків, які дозволять підвищити точність автоматизованої системи реєстрації піків спектрів ФЛ.
4. Визначити пікові значення в спектрі ФЛ рor-Si для підвищення точності виміру.
5. Удосконалення технології створення контактів до поруватих на-півпровідників.
6. Дослідження впливу контактного металу, параметрів поруватого шару та відпалювання на перехідний опір та коефіцієнт неідеальності контакту до поруватих напівпровідників.
7. Розробка високочутливих датчиків водню на базі діодів Шоттки виготовлених з нанорозмірних шарів n-GaAs.
8. Проведення дослідження впливу режимів травлення та газів на чутливі характеристики сенсорів, які впливають на селективність та час відгуку.

Підвищення ефективності діагностики захворювань за рахунок використання широкого кола апаратури, методів, більш повного і різнобічного аналізу ознак є актуальним напрямком в медицині. Аналіз повітря що видихається пацієнтом відноситься до неінвазійних методах діагностики пацієнтів, що і викликає підвищений інтерес.

Як відомо, повітря, що видихається являє собою складну газову суміш, яка містить крім атмосферних газів продукти основного обміну (CO_2 , H_2O), а також безліч газоподібних молекул в невеликій кількості, деякі з яких можна використовувати в якості біомаркерів. Список таких молекул-біомаркерів досить великий. Серед них легкі молекули типу CO , NO , NO_2 , N_2O , NH_3 , H_2O_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , CH_3OH , $\text{C}_3\text{H}_5\text{OH}$, CS_2 , H_2S , C_3H_{12} , і інші, концентрації яких в видиху знаходяться в діапазоні від 1 ppb до 0.1 ppb. Крім того, для біомедичної діагностики актуальна високоточна реєстрація відносного змісту ізотопічних модифікацій молекул-метаболітів, збагачених більш рідкісними ізотопами.

Зараз існує досить великий попит на датчики заснованих на контактні Шотткі завдяки простоті виготовлення та, що більш важливо, дуже маленькому розмірі, який добре сприяється зі стандартними методами обробки інтегральними схемами.

Застосування pnr-GaAs дозволить створити високочутливі, малогабаритні, та дешеві датчики газу для застосування у промисловості, екології, медицині.

Теоретичною і методологічною базою дослідження є фундаментальні дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених в галузі нанотехнології поруватих шарів напівпровідників та високочутливих сенсорів, методи математичного моделювання, нейронних мереж та методи обробки великих даних.

Для розробки технології отримання поруватих шарів напівпровідників застосовані методи спектрофотометрії для отримання спектрів фотолюмінесценції, оптичної та електронної мікроскопії для дослідження наноструктури поруватих шарів напівпровідників, методи атомно-силової мікроскопії для дослідження поверхневої структури поруватих шарів напівпровідників.

Можливості методів, застосовуваних для аналітичних досліджень, обумовлені сукупністю цілого ряду характеристик. Найбільш важливими з них є концентраційна чутливість, точність і швидкість аналізу, які в основному визначаються використовуваним фізичним принципом детектування речовини. Інструментальний метод, який використовується для високочутливого аналізу складу повітря, що видихається, повинен володіти такими набором параметрів: концентраційна чутливість; точність детектування; швидкодія; селективність детектування.

Даний набір параметрів залежить від мікроструктури поруватих шарів кремнію. Це досягнуто за рахунок застосування різних методик отримання плівок, більшість датчиків використовуватиме

звичайне явище, тобто фізичну або хімічну адсорбцію всередині пор. Використання діоду Шоттки при розробці сенсорів обумовлено малими розмірами і простотою виготовлення.

Науково-прикладні результати які одержані в рамках виконання роботи дозволяють отримувати економічний ефект близько 200 тис. грн. на рік за рахунок здешевлення виробництва датчиків газу, та збільшення кількості придатних електронних приладів на основі поруватого кремнію.

Методи, підходи, робочі гіпотези, які пропонуються для вирішення завдань проекту базуються на нових і актуальних ідеях і науково-технічних рішеннях, які належать учасникам проекту і полягають у наступному: Вирішення задачі підвищення деградації поруватого шару досягнуто за рахунок удосконалення технології та методики вирощування поруватих шарів за допомогою нечіпкого контролера. Вирішення задачі створення датчиків газу досягнуто за рахунок розробки методів, засобів та методик отримання поруватих шарів напівпровідників, контактів Шоттки до поруватих шарів напівпровідників.

У результаті виконання проекту отримано наступні результати:

– Удосконалено метод отримання поруватого шару на напівпровідників, який вирізняється застосуванням імпульсного струму, що дозволило отримувати поруваті плівки з максимальною рівномірністю поруватості.

– Отримав подальший розвиток метод розкладання спектрів ФЛ на гасіани, який у відмінності від існуючих дозволив проводити аналіз спектрів ФЛ por-Si з похибкою $\pm 2\%$, що дозволило автоматизувати процес вимірювання спектрів ФЛ por-Si з дискретністю виміру 0,1 нм, в діапазоні від 200-2000нм.

– Уточнені наукові дані про ФЛ в por-Si отриманого анодним травленням. Показано, що пік спектру випромінювання ФЛ por-Si знаходиться на довжині хвилі 650нм.

– Досліджено вплив морфології поруватого шару напівпровідників на характеристики контакту Шоттки Pd/por-GaAs .

– Уточнено наукові дані щодо залежності висоти бар'єра Шоттки від товщини поруватого шару.

– Уточнено наукові дані щодо залежності висоти бар'єра Шоттки від прикладеної напруги у зоні зсувів, яке викликає відповідно й зміну чинника ідеальності n .

– Досліджено вплив поруватості чутливого до водню контакту Pd/por-GaAs діода Шоттки на швидкість і чутливість сенорів.

– Розроблено технологію виготовлення поруватого шару товщиною до 20 нм, та діаметром пор у межах $d = 40-60$ нм. та виготовлення контактів до поруватого шару на основі Pd металевий

контакт до поруватого шару, що дозволило поліпшити продуктивність діодних датчиків Шоттки як в плані чутливості так і в плані зменшення часу відгуку для виявлення газу.

Матеріали циклу наукових праць канд. техн. наук, доцента Когдася М. Г., канд. техн. наук, старшого викладача Найди В. В., канд. фіз.-мат. наук, асист. Русінчук Н. М., «Сенсори газу на основі напівпровідникових поруватих шарів» є узагальненням наукових результатів, отриманих авторами за період з 2009 по 2018 рр. під час виконання держбюджетних та внутрішньовузівських НДР: «Розробка сенсорів газу на поруватих напівпровідниках для неінвазивної діагностики», № ДР 0120U100768; «Дослідження системи контакт Шоттки до поруватого арсеніду галію для застосування у сенсорах газу», № ДР 0120U100940;

Результати циклу наукових робіт Результати роботи, пов'язані з формуванням поруватих шарів напівпровідників впроваджені на ТОВ «Статус» (м. Світловодськ); рекомендації щодо використання запропонованих у роботі у сенсорів для неінвазивної діагностики захворювань прийняті КМП «Лікарня Придніпровська» (м. Кременчук).

Результати циклу наукових праць канд. техн. наук, доцента Когдася М. Г., канд. техн. наук, старшого викладача Найди В. В., канд. фіз.-мат. наук, асист. Русінчук Н. М., опубліковано у 48 друкованих праць, з них 18 наукових статей (10 у закордонних виданнях, 12 містяться в базі даних SCOPUS), отримано 1 патент на корисну модель. За даною тематикою захищено 1 кандидатську дисертацію, та планується захист 1 докторської дисертації.

Претенденти

М. Г. Когдась

В. В. Найда

Н. М. Русінчук

СПИСОК НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ

1. Когдась М. Г. Моделювання процесу росту поруватого кремнію / М. Г. Когдась, О. Г. Холод, М. А. Мащенко // *Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління*, 11-13 квітня 2017 р., – м. Херсон. – С. 108-211.
2. Оксанич А. П. Разработка математической модели контакта металл – пористый арсенид галлия с барьером Шоттки / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, М. Г. Когдась, О. Г. Холод // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2018. – № 4. – С. 49–55.
3. Когдась М. Г. Розробка автоматизованої системи визначення спектрів фотолюмінісценції у *por-Si* / М. Г. Когдась, А. П. Оксанич, В. Н. Чебенко, Є. А. Паливода // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2016. – Вип. 5 (100) частина 2. – С. 17–24.
4. Когдась М. Г. Структурні властивості поруватого кремнію, отриманого методом електрохімічного травлення / М. Г. Когдась, А. П. Оксанич, В. Н. Чебенко // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2017. – Вип. 2 (103) частина 1. – С. 33–41.
5. Оксанич А. П. Структурні властивості поруватого кременю, отримані методом електрохімічного травлення / А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод // *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Високочисті матеріали: отримання застосування, властивості»* (м. Харків, 12–15 вересня 2017 р., Харківський національний університет ім. В. Н. Кармазіна). – Харків, 2017. – С. 98.
6. Oksanich A. P. Using Impedance Porous GaAs-based for Biomedical GasSensor / A. P. Oksanich, S. E. Pritchinn, Y. S. Milovanov, I. V. Gavrilchenko, M. G. Kogdas, A. G. Holod // *IEEE 7th International Conference Nanomaterials: Application & Properties (NAP) (Odessa, 10–15 September 2017)*. – Odessa, Ukraine, 2017. – P. 04NB31-1-04NB31-4.
7. Когдась М. Г. Удосконалення методу створення контактів з бар'єром Шоттки до porous GaAs / А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, С. Е. Притчин // *Таврійський*. – 2018.
8. Когдась М. Г. Применение пористых слоев GaAs при изготовлении диодов Шоттки / А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, М. А. Мащенко // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2018. – Вип. 1 (108). – С. 22–28.
9. Kyslychyn, D., Rusinchuk, N., Piatnytsia, V., Lozovski, V. Dependence of the dispersion interaction between the nanoparticle and a surface of a solid on the plasmon-polariton // *IEEE Xplore Digital Library, ELNANO 2014 - Proceedings*. – 2014. – pp. 339-341.
10. Lozovski, V., Rusinchuk, N., Strilchuk, G. Simulation of the optical absorption spectrum of viral capsids // *IEEE Xplore Digital Library, ELNANO 2017 - Proceedings*. – 2017. – pp. 296-299.
11. Lozovski, V., Rusinchuk, N. Influence of the nanoobjects on the interaction between the virus and a surface // *IEEE Xplore Digital Library, ELNANO 2017 - Proceedings*. – 2017. – pp. 269-272.
12. Lozovski, V., Mai, P., Rusinchuk, N. Influence of the Surface Roughness on the Nanoparticle Adsorption: Theoretical Consideration // *IEEE Xplore Digital Library, ELNANO 2018 - Proceedings*. – 2018. – pp. 335-339.
13. Demchenko, H.O., Rusinchuk, N.M. Evaluation of the Efficiency of Interparticle Interactions in Nanosystems // *Journal of Nanotechnology* – 2018. – Article no. 4270454.
14. Lozovski, V., Rusinchuk, N., Vasiliev, T. Repulsive Interaction between Two Different-Sized Nanoparticles due to Self-consistency // *IEEE Xplore Digital Library, ELNANO 2019 - Proceedings*. – 2019. – pp. 253-256.
15. Когдась М. Г. Удосконалення методу отримання поруватого шару на підкладках n-GaAs / А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, С. Е. Притчин // *Радиоэлектроника и информатика*. – 2018.
16. Оксанич А. П. Усовершенствование метода создания контактов с барьером Шоттки к пористым полупроводникам / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, М. А. Мащенко // *Радиоэлектроника и информатика*. – 2018. – № 3. – С. 24–28.
17. Оксанич А. П. Пористые слои GaAs в производстве высокочувствительных диодов Шоттки для газовых сенсоров / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, М. Г. Когдась, О. Г. Холод // *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»*, НМІТФ – 2018 (м. Кременчук, 17–19 травня 2018 р., Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського). – Кременчук, 2018. – С. 123–125.
18. Когдась М. Г. Разработка высокочувствительных датчиков водорода на базе диодов Шоттки, изготовленных из наноразмерных слоев n-GaAs / А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, М. А. Мащенко // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2018. – Вип. 2 (109). Частина 1. – С. 9–14.
19. Оксанич А. П. Разработка высокочувствительных датчиков газа на базе диодов Шоттки, изготовленных из наноразмерных слоев n-GaAs / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, М. Г. Когдась, О. Г. Холод // *Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Функціональна база наноелектроніки»* (м. Харків,

18–23 вересня 2017 р., Харківський національний університет радіоелектроніки). – Харків-Одеса, 2017. – С. 99–102.

20. Kogdas M. G. Influence of gas adsorption on the impedance of porous GaAs / Milanov Y.S., Gavrilenko I.V., Kondratenko S.V., Pritch S.E., Kogdas M.G. // *Function Materials*. – 2017. – Vol. 24, No. 1. – P. 52–55.

21. Kogdas M. G. Humidity influence on impedance of porous GaAs / Yuriy S. Milovanov, Irina V. Gavrilenko, Valeriy A. Skryshevsky, Anatoliy P. Oksanich, Sergey E. Pritch, Maksim G. Kogdas // *Advanced Materials Letters*. – 2017. – Vol. 8, No. 1. – P. 8–11.

22. Influence of gas adsorption on the impedance of porous GaAs / [Y. S. Milanov, I. V. Gavrilenko, S. V. Kondratenko et al.]. // *Function Materials* Vol. 24. – 2017. – С. 52–55.

23. Оксанич А. П. Розробка автоматизованої системи визначення спектрів фотолюмінісценції у пор-сі / А. П. Оксанич, Є. А. Паливода. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2016. – №5 (100) част. 2. – С. 17–24.

24. Оксанич А. П. Структурні властивості поруватого кремнію, отриманого методом електрохімічного травлення / А. П. Оксанич, В. Н. Чебенко, Є. А. Паливода. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2017. – №2 (103) част.1. – С. 33–41.

25. Effect of H⁺ Implantation on the Optical Properties of Semi-Insulating GaAs Crystals in the IR Spectral Region / [N. I. Klyui, V. B. Lozinskii, A. I. Liptuga et al.]. // *SEMICONDUCTORS*. – 2017. – №51. No.3. – С. 305–309.

26. Оксанич А. П. Применение пористых слоев GaAs при изготовлении диодов Шоттки / А. П. Оксанич, О. Г. Холод, М. А. Машенко. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2018. – №1 (108). – С. 22–28.

27. Оксанич А. П. Разработка математической модели контакта металл-пористый арсенид галлия с барьером Шоттки / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, А. Г. Холод. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2018. – №4 (111). – С. 49–55.

28. Удосконалення методу отримання поруватого шару на підкладках N-GaAs deposits / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, О. Г. Холод, М. А. Машенко. // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського – м. Київ: Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського*. – 2018. – Том 29 (68) №6, част.2. – С. 228–134.

29. Усовершенствование метода создания контактов с барьером Шоттки к пористым полупроводникам / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, А. Г. Холод, М. А. Машенко. // *Радиоэлектроника и информатика*. – 2018. – №3. – С. 24–28.

30. Electrical Properties of Metal-Porous GaAs Structure at Water Adsorption / [Y. Milovanov, V. Skryshevsky, I. Gavrilenko et al.]. // *Journal of Electronic Materials*. – 2019. – Vol. 48, №4. – С. 2587–2592.

31. Effect of porous GaAs layer morphology on Pd/porous GaAs Schottky contact / [A. P. Oksanich, S. E. Pritch, M. G. Kogdas et al.]. // *Journal of Nano- and Electronic Physics*.

32. МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ДІОДУ ШОТТКІ НА ОСНОВІ ПОРУВАТИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ / [А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, В. М. Чебенко та ін.]. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2019. – №5 (118). – С. 148–154.

33. Удосконалення методу отримання поруватих плівок GaAs з використанням нечіткого контролеру / [А. П. Оксанич, В. М. Чебенко, С. Е. Притчин та ін.]. // *Радиоэлектроника и информатика*. – 2019. – №2.(85) – С. 4–8.

34. Оксанич А.П., Притчин С.Э., Холод А.Г., Найда В.В. Пути построения быстродействующих датчиков водорода на пористом арсениде галлия // *IV Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей*. – Кременчук: КрНУ, 2016. – С. 219–220.

35. Разработка высокочувствительных датчиков водорода на базе диодов шоттки, изготовленных из наноразмерных слоев n-GaAs / А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, О. Г. Холод, М. А. Машенко. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2018. – №2. (109) – С. 9–14.

36. Разработка высокочувствительных датчиков водорода на базе диодов шоттки, изготовленных из наноразмерных слоев n-GaAs / А. П. Оксанич, М. Г. Когдась, А. Г. Холод, М. А. Машенко. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2018. – №2 част. 1 – С. 109.

37. Холод О. Г. Моделирование процесса роста поруватого кремнію / О. Г. Холод, М. А. Машенко. // *Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління, 11-13 квітня 2017 р., м. Херсон*. – С. 108–111.

38. Паливода Є. А. Автоматизація процесу визначення спектрів фотолюмінісценції У пор-Si / Є. А. Паливода. // *Матеріали IV-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «ІТ-Перспектива», 22 квітня 2017 р., м. Кременчук*. – С. 73–75.

39. Оксанич А. П. Разработка высокочувствительных датчиков газа на базе диодов шоттки изготовленных из наноразмерных слоев n-GaAs / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, А. Г. Холод. // Сборник научных трудов IX Международной научной конференции «Функциональная база нанoeлектроники»: Тезисы доповідей. – Харків-Одесса: ХНУРЕ, 18–23 вересня 2017 р. – С. 99–102.
40. Оксанич А. П. Структурні властивості поруватого кременію, отримані методом електрохімічного травлення / А. П. Оксанич, О. Г. Холод. // IV Міжнародна конференція «Высокочистые материалы: получение применения, свойства»: Тезисы доповідей. – Харків: Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, 12–15 вересня 2017 р. – С. 98.
41. Using Impedance Porous GaAs-based for Biomedical Gas Sensor / [A. P. Oksanich, S. E. Pritchyn, A. G. Holod та ін.]. // IEEE International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties, 10-15 September 2017, – Zatocha, Ukraine.. – С. 04NB31-1 – 04NB31-4.
42. Мошенец А. О. Нейронна система автоматичного аналізу повітря на основі сенсорів на поруватому GaAs / А. О. Мошенец. // Матеріали V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «ІТ-Перспектива», 21 квітня 2018 р., м. Кременчук.. – С. 26–28.
43. Оксанич А. П. Пористые слои GaAs в производстве высокочувствительных диодов Шоттки для газовых сенсоров / А. П. Оксанич, С. Е. Притчин, О. Г. Холод. // V Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка», НМІТФ – 2018, 17-19 травня 2018 р., – Кременчук. – С. 123–125.
44. Мітенко І. О. Розробка методу отримання поруватого шару на підкладках n-GaAs / І. О. Мітенко. // Матеріали VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «ІТ-Перспектива», 20-21 квітня 2019 р., м. Кременчук. – С. 77–79.
45. Коротя О. О. Разработка сенсоров для определения H₂ / О. О. Коротя. // Матеріали VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «ІТ-Перспектива», 20-21 квітня 2019 р., м. Кременчук.. – С. 70–71.
46. Water vapor influence on electrical properties of porous GaAs / [I. S. Milovanov, I. V. Gavrilchenko, V. A. Vlasenko та ін.]. // XVII International young scientists' conference on applied physics May, 23-27, 2017, Kyiv, Ukraine. – С. 95–96.
47. Oksanich A. P. The formation and morphology of n-type porous silicon / A. P. Oksanich, S. E. Pritchyn, M. G. Kogdas. // Physics and technology of thin films and nanosystems XVI international conference (ICPTTFN-XVI) May, 15-20, 2017, Ivano-Frankovsk, Ukraine. – С. 86.
48. Pd/Porous GaAs in the Manufacture of Schottky Diodes / [A. P. Oksanich, S. E. Pritchyn, M. G. Kogdas та ін.]. // Proceedings of the International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2019.
49. Коротя О. О. Моделирование сенсору pd/por-gaas для виявлення водню / О. О. Коротя. Когдась М. Г. // XVIII Міжнародна науково-технічна конференція фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів Кременчук, 1–3 листопада 2019 р. – С. 101–102.
50. Реєстраційний номер заявки u 2019 07908 (С30В29/42, С30В33/04, С23С 26/00). Установка вирощування поруватих плівок gaas для забезпечення належних показників якості / Оксанич А. П., Притчин С. Е., Когдась М. Г. / Патентовласник : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського; дата подання: 11.07.2019, Висновок затверджений Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, набув статусу рішення, набув статусу рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель (від 16.01.2020 № 1089/ЗУ/20)