



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Національного університету
"Львівська політехніка"

доц.

І.В. Демидов
2020 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 1 фахового семінару кафедри фотоніки
Національного університету "Львівська політехніка" від 08 вересня 2020 р.

1. ПРИСУТНІ: 7 із 9 науково-педагогічних працівників кафедри фотоніки, а саме:
- 1 Бобицький Ярослав Васильович, завідувач кафедри фотоніки, д.т.н., професор;
 - 2 Фітьо Володимир Михайлович, професор кафедри фотоніки, д.ф.-м.н., професор;
 - 3 Муравський Леонід Ігорович, професор кафедри фотоніки, д.т.н., професор;
 - 4 Яремчук Ірина Ярославівна, доцент кафедри фотоніки, д.т.н., доцент;
 - 5 Петровська Галина Андріївна, старший викладач кафедри фотоніки;
 - 6 Гніліцький Ярослав Миколайович, асистент кафедри фотоніки;
 - 7 Бендзяк Андрій Вікторович, м.н.с., асистент кафедри фотоніки;

На засідання запрошені:

- 1 Стахіра Павло Йосипович, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри електронних приладів, д.т.н., професор.
- 2 Микитюк Зіновій Матвійович, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри електронних приладів, д.ф.-м.н., професор.
- 3 Клим Галина Іванівна, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, д.т.н., професор.
- 4 Кучмій Галина Любомирівна, Національний університет «Львівська політехніка», доцент кафедри електронних приладів, к.т.н., доцент.
- 5 Фечан Андрій Васильович, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри програмного забезпечення, д.т.н., професор.
- 6 Лубенець Віра Ільківна, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології, д.х.н., професор.
- 7 Малинич Сергій Захарович, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, професор кафедри електромеханіки та електроніки, д.ф.-м.н., с.н.с.
- 8 Островський Ігор Петрович, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри напівпровідникової електроніки, д.т.н., професор.
- 9 Кайдан Микола Володимирович, Національний університет «Львівська політехніка», декан повної вищої освіти інституту

телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки, професор кафедри телекомунікацій, д.т.н., доцент.

10. Стасишин Ігор Вікторович, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, відділ оптико-цифрових систем діагностики, м.н.с.

На засіданні присутні інженерно-технічні працівники кафедри:

1. Бартків Любомир Васильович, провідний інженер кафедри фотоніки;
2. Салійчук Оксана Миколаївна, інженер кафедри фотоніки.

З присутніх – 12 докторів наук та 1 кандидат наук – фахівці за профілем представленої дисертації.

Головуючий на засіданні – професор кафедри фотоніки, д.ф.-м.н., професор Фітьо Володимир Михайлович.

2.СЛУХАЛИ:

Доповідь аспіранта кафедри фотоніки Булавінець Тетяни Олександрівни за матеріалами дисертації: «Фотодинамічні властивості наноструктур в умовах плазмонного резонансу для біомедичних застосувань», представленої на здобуття вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка» (галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»).

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор Бобицький Ярослав Васильович.

Тему дисертації затверджено “18”10 2016 р. на засіданні Вченої ради Навчально-наукового інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка», протокол № 3, та уточнено “10”03 2020 р. на засіданні вченої ради Навчально-наукового інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка», протокол № 9.

Робота виконана на кафедрі фотоніки Національного університету "Львівська політехніка".

По доповіді було задано 12 запитань, на які доповідач дав правильні та ґрунтовні відповіді. Питання задавали:

- професор кафедри напівпровідникової електроніки, д.т.н. Островський Ігор Петрович;
- професор кафедри фотоніки, д.т.н. Муравський Леонід Ігорович;
- професор кафедри програмного забезпечення, д.т.н. Фечан Андрій Васильович;
- професор кафедри електронних приладів, д.т.н. Стахіра Павло Йосипович;
- професор кафедри електронних приладів, д.ф.-м.н. Микитюк Зіновій Матвійович;
- професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, д.т.н. Клим Галина Іванівна.

3. Виступи присутніх.

З оцінкою дисертації Булавінець Тетяни Олександрівни виступили рецензенти:

- професор кафедри електронних приладів, доктор технічних наук, професор Стахіра Павло Йосипович,
- професор кафедри електронних приладів, доктор фізико-математичних наук, професор Микитюк Зіновій Матвійович

які зазначили, що спрямування дисертаційної роботи Булавінець Т.О. на формування та дослідження фотодинамічних властивостей наноструктур в умовах плазмонного резонансу для біомедичних застосувань є, безумовно, актуальною роботою, оскільки наноструктури, що

складаються із напівпровідникового ядра та металевої оболонки, представляють найбільший практичний інтерес. У таких наноструктурах може бути реалізовано істотне збільшення локальної амплітуди поля електромагнітної хвилі всередині ядра наноструктури. Також такого роду наночастинки можна використовувати як ефективних засіб руйнування біоплівкового нальоту та в якості попередження його утворення. Крім цього, наночастинки позитивно зарекомендували себе в боротьбі з багатьма резистентними до антибіотиків штамми мікроорганізмів.

Таким чином, дисертація «Фотодинамічні властивості наноструктур в умовах плазмонного резонансу для біомедичних застосувань» є завершеною науково-дослідною роботою, яка за рівнем, актуальністю, достовірністю результатів, структурованістю, обґрунтованістю та лаконічністю висновків, об'ємом і новизною повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167), а її авторка Булавінець Тетяна Олександрівна заслугоує присудження їй наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка».

Також рецензентами висловлено наступні зауваження:

- в роботі спектри люмінесценції дослідної пасти на основі фотокаталізатора $\text{TiO}_2:\text{S,C}$ та Родаміну БЖ реєструвались до та після лазерного опромінення. Відсутність піку випромінювання, що притаманний барвнику в спектрі люмінесценції, авторка пояснює фотодеградацією останнього, що, на мою думку, не є переконливо. Було б добре провести додатково ІЧ спектроскопічний аналіз;

- розширення спектру поглинання в довгохвильову область нанорозмірних частинок TiO_2 легуваних S,C відносно спектра поглинання чистого нанопорошкового діоксиду титану дійсно створює передумови до збільшення діапазону практичного застосування наночастинок TiO_2 зокрема і в біомедицині. Однак, у цьому випадку необхідно зважати на ризики застосування даних наноструктур, оскільки їх не можна вважати безпечними для людини тому, що частинки цієї речовини більшого розміру не спричиняють жодного впливу на організм.

З оцінкою дисертації також виступили присутні на фаховому семінарі кафедри фотоніки:

- професор кафедри фотоніки, д.т.н. Муравський Леонід Ігорович, який відзначив високий рівень виконання дисертації та позитивні аспекти використання результатів роботи у навчальному процесі кафедри фотоніки, при виконанні науково-дослідної роботи ДБ/Інтерфейс та у Центрі стоматологічної імплантації та протезування ТзОВ «ММ»;
- професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, д.т.н. Клим Галина Іванівна, яка наголосила на актуальності роботи та високому практичному значенні отриманих результатів;
- професор кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології, д.х.н. Лубенець Віра Ільківна відзначила завершеність, цілісність та готовність роботи до захисту у спеціалізованій вченій раді, а також виявила зацікавленість у співпраці та розвиненні теми дисертації з точки зору фармації та біотехнології;
- професор кафедри напівпровідникової електроніки, д.т.н. Островський Ігор Петрович підтвердив відповідність роботи спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» та практичне застосування і презентабельність отриманих результатів у наукових публікаціях. Відзначив дотримання принципів академічної доброчесності в роботі;
- професор кафедри фотоніки, д.ф.-м.н. Фітьо Володимир Михайлович зазначив високий рівень публікацій за темою дисертації та особистий внесок здобувача. Відзначив високу кваліфікованість Булавінець Т.О. та обізнаність у тематиці роботи, які були продемонстровані під час відповідей на запитання учасників семінару.

Загальна характеристика дисертації – позитивна.

З характеристикою наукової зрілості здобувача виступив науковий керівник д.т.н., професор Бобицький Я. В., який зазначив, що аспірант Булавінець Тетяна Олександрівна є одним з представників наукової школи кафедри по плазмоніці та дослідженню резонансних явищ, які виникають в процесі взаємодії електромагнітної хвилі з плазмонними наноструктурами та елементами на їх основі. Вона закінчила кафедру фотоніки за спеціальністю “Лазерна і оптоелектронна техніка” у 2012 р. та отримала диплом магістра з відзнакою. Булавінець Тетяна під час роботи в Національному університеті "Львівська політехніка" проявила себе як кваліфікований науковець та викладач. Займаючись дослідницькою діяльністю, аспірантка також успішно працювала в якості асистента кафедри фотоніки. У межах її викладацької діяльності були теми, пов'язані з лазерною медичною інженерією та плазмонікою. Т.О. Булавінець активно працює з бакалаврами та магістрантами кафедри, є куратором студентів 3-го курсу спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка».

Має досвід участі у наукових конференціях, зокрема результати наукової роботи особисто доповідались на міжнародних конференціях закордоном в м. Бад Хоннеф (Німеччина) та м. Паланга (Литва). У 2020 р. Булавінець Т.О. проходила стажування в Інституті біології та біотехнологій Університету Жешува (Польща) в межах програми міжнародного обміну аспірантами та викладачами «PROM Programme» (NAWA). Булавінець Т.О. була також учасником міжнародної літньої школи по нанотехнологіях «Exciting nanostructures: Characterizing advanced confined systems» у 2019 р. у Фізичному центрі м. Бад Хоннеф (Німеччина).

Характеризуючи аспірантку слід відзначити її фундаментальну підготовку, практичні навички проведення експериментальних досліджень та добру обізнаність з проблематикою, з якою пов'язані дисертаційні дослідження. Тетяна ініціативна, проявила себе як наполеглива, цілеспрямована людина та сумлінна виконавиця, здатна самостійно вирішувати науково-технічні завдання та бере активну участь у наукових дослідженнях кафедри фотоніки. Т.О. Булавінець є виконавцем держбюджетних та міжнародних науко-дослідних робіт та відповідальним виконавцем двох держбюджетних науково-дослідних робіт для молодих дослідників.

Вважаю, що дисертаційна робота Т.О. Булавінець задовольняє усім вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, її тема та зміст відповідають спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», а дисертантка заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії.

4. Заслухавши та обговоривши доповідь Булавінець Тетяни Олександрівни, а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації на фаховому семінарі кафедри фотоніки, прийнято наступні висновки щодо дисертації «Фотодинамічні властивості наноструктур в умовах плазмонного резонансу для біомедичних застосувань»:

Висновок

фахового семінару кафедри фотоніки про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Фотодинамічні властивості наноструктур в умовах плазмонного резонансу для біомедичних застосувань»

здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка» (галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»)

4.1. Актуальність теми дисертації

Впродовж останніх років нанотехнології стрімко розвиваються, йде пошук та удосконалення технологічних процесів отримання наноструктурованих об'єктів. Сучасні досягнення у синтезі металевих та метал-напівпровідникових наносистем з унікальними фізико-хімічними, біологічними та бактерицидними властивостями відкривають нові перспективи їх застосування у різних галузях науки та виробництва, зокрема для вирішення завдань

оптоелектроніки, плазмоніки, енергетики, екології, біомедицини, пристроїв та технологій мікро- та наносистемної техніки.

Особливістю оптичних властивостей металевих та метал-напівпровідникових наноструктур є локалізований поверхневий плазмонний резонанс (ЛППР), який проявляється у різкому зростанні поглинання та розсіювання електромагнітного випромінювання нанооб'єктами при певній довжині хвилі падаючого світла, що потрапляє в резонанс із власною частотою коливань електронного газу на поверхні наноструктури. Відомо, що інтенсивність, півширина піку та положення на спектральній шкалі плазмонного резонансу наноструктур, в основному, залежать від матеріалу, геометричних параметрів (форми, розміру, структури) та навколишнього середовища.

Для ефективного використання плазмонних наноструктур в біомедицині (Ag, Au), ЛППР повинен збуджуватися у ближньому інфрачервоному діапазоні - так званому вікні прозорості біологічних тканин (800-1200 нм). Корегувати оптичний відгук нанооб'єктів та налаштувати резонанс поверхневих плазмонів, зміщуючи його у потрібну область спектру, можна змінюючи просторові параметри наноструктур. Іншим ефективним способом керування оптичними параметрами плазмонних нанооб'єктів є утворення наноструктур напівпровідникове ядро/металева оболонка. Використання метал-напівпровідникових наноструктур дозволяє також покращити їх каталітичні властивості та значно розширити робочий спектральний діапазон та змістити максимум поглинання плазмонних наносистем у видиму та ближню інфрачервону область спектру.

Таким чином, визначення і керування умовами резонансу металевих та метал-напівпровідникових структур та реалізація його у вибраній області спектру особливо приваблива для вирішення практичних задач і дозволяє значно розширити перспективи та діапазон можливих застосувань плазмонних нанооб'єктів. Тому, враховуючи науково-практичні результати попередніх досліджень і сучасні інтердисциплінарні очікування актуальність тематики є своєчасною і не викликає сумнівів.

4.2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Тема дисертації відповідає науковому напряму кафедри фотоніки Національного університету «Львівська політехніка» – «Дослідження взаємодії фотонних потоків з гетерогенними системами, розробка лазерних технологій та фотонних систем». Дисертація виконана в межах науково-дослідних робіт: «Архітектура мікро- та наноструктур в умовах оптичної дифракції та плазмонного резонансу для потреб сучасної фотоніки» (ДБ/ТЕКТОН) у 2016-2017рр., № державної реєстрації 0115U000427; «Моделювання і експериментальна верифікація плазмонно-резонансних наноструктур для ефективного керування електромагнітним випромінюванням широкого спектрального діапазону» (ДБ/МЕВ) у 2018-2020рр., № державної реєстрації 0118U000267; «Резонансні процеси трансформації енергії електронного збудження плазмонними наноструктурами в задачах та пристроях фотоніки» (ДБ/ФОТОНІКА) у 2017-2019рр., № державної реєстрації 0117U007176 та «Наноструктуровані інтерфейси на основі нетоксичних матеріалів для прикладних застосувань» (ДБ/ІНТЕРФЕЙС) у 2020-2023 рр., № державної реєстрації 0120U100675.

4.3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Вибір напряму та методів досліджень, формулювання мети та завдань роботи проведено разом із науковим керівником. Пошук та аналіз літературних джерел за темою роботи, проведення теоретичних та експериментальних досліджень здійснено здобувачем особисто. Аналіз та інтерпретація отриманих результатів, формулювання висновків проведено спільно з науковим керівником.

4.4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Обґрунтування отриманих результатів дисертації Булавінець Т.О. та зроблені висновки базуються на значній кількості проведених як експериментальних досліджень, так і чисельному моделюванні з використанням класичних алгоритмів. Достовірність результатів підтверджується їх апробацією на 21 науково-практичній конференції, а також впровадженні у навчальний процес кафедри фотоніки, використанні при виконанні науково-дослідної роботи ДБ/Інтерфейс та у Центрі стоматологічної імплантації та протезування ТзОВ «ММ».

4.5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень отримано наступні нові результати:

- Розширено наукові уявлення та знання про залежність оптичних параметрів металевих та метал-напівпровідникових наноструктур від їх морфології, форми та геометричних розмірів. Показано, що оптичний відгук наноструктур на основі Ag є найбільш чутливим до змін морфології та параметрів середовища, що дозволяє керувати їх оптичними параметрами та налаштовувати плазмонний резонанс на потрібний спектральний діапазон. Вперше визначено геометричні параметри наноструктур для ефективного використання для вибраних практичних застосувань.

- Удосконалено метод отримання стабільного біосумісного колоїду срібла за допомогою фотоіндукованого відновлення іонів срібла з водного розчину AgNO_3 при кімнатній температурі при опроміненні лазером з довжиною хвилі 445 нм, причому в якості стабілізатора наночастинок використано цитрат натрію. Цей метод синтезу дозволяє отримувати наночастинок срібла як у вигляді колоїдного розчину, так і на поверхні напівпровідникових наноструктур у вигляді оболонки срібла керованої товщини.

- Вперше розроблено та виготовлено оригінальну установку радіального опромінення для модифікування просторових та оптичних параметрів наночастинок срібла під впливом світлових потоків потужних світлодіодів. Установка має систему тепловідведення та три ізольовані камери для опромінювання колоїдних розчинів наночастинок синім, зеленим та червоним випромінюванням. Показано, що тривале опромінювання колоїдів срібла призводить до модифікації геометричної форми і розмірів наночастинок та зміщення піків їх плазмонного поглинання по спектральній шкалі до ближнього ІЧ діапазону.

- Уточнено вплив геометричної форми та концентрації на ефективність генерації тепла наноструктурами срібла під дією лазерного випромінювання з довжинами хвиль 445 та 880 нм. Показано, що синтезовані трикутні нанопризми зі зміщеним оптичним поглинанням у ближню ІЧ область, порівняно зі сферичними наночастинами срібла, мають найбільшу ефективність генерації тепла як у повітрі, так і в біологічних середовищах.

- Встановлено, що наносистеми $\text{Ag/TiO}_2\text{:C,S}$ інтенсивно поглинають випромінювання всього видимого діапазону, проявляють високу фотокаталітичну дію та суттєво зменшують тривалість реакції фотодеградації органічних сполук під дією видимого світла.

4.6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Основні результати досліджень опубліковано у 29 наукових працях, зокрема у 7 статтях, серед яких 3 – у фахових виданнях України, 1 – у виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 3 – у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено в наукометричні бази Scopus та Web of Science та виданих за кордоном; 1 патент України на корисну модель; 8 статтях в матеріалах конференцій, індексованих у наукометричних базах Scopus та Web of Science, 13 матеріалів та тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Булавінець Т. О., Яремчук І. Я., Бартків Л. В., Бобицький Я. В. (2019) Вплив умов синтезу на формування срібних наноструктур під дією електромагнітного випромінювання. *Мікросистеми, електроніка та акустика*, 24(3), 6-12. *Особистий внесок здобувача: синтез наночастинок срібла у водному розчині екстракту дріжджів «Saccharomyces cerevisiae» та їх характеристика.*
2. Булавінець Т. О., Яремчук І. Я., Бобицький Я. В. (2018) Спектральні характеристики наноструктур типу ядро-оболонка в умовах плазмонного резонансу. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія “Радіоелектроніка та телекомунікації”*, 909, 62–69. *Особистий внесок здобувача: моделювання оптичних параметрів наноструктур типу ядро-оболонка та оформлення отриманих результатів.*
3. Булавінець Т., Яремчук І., Бобицький Я. (2017) Синтез та фотодинамічні властивості колоїдних розчинів срібла. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія “Радіоелектроніка та телекомунікації”*, 885, 136-140. *Особистий внесок здобувача: синтез та модифікація світлом морфології наночастинок срібла та дослідження їх спектрів поглинання.*

Статті у виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus чи Web of Science:

1. Yaremchuk I. Ya., Fitio V. M., **Bulavinets T. O.**, Bobitski Y. V. (2018) Optical properties of nanocomposite materials based on plasmon nanoparticles. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, 21(2), 195-199. *Особистий внесок здобувача: моделювання спектрів поглинання наноструктурованих матеріалів.*

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено в наукометричні бази Scopus та Web of Science та виданих за кордоном:

1. Yaremchuk I., Meskinis S., **Bulavinets T.**, Vasiliauskas A., Andrulevicius M., Fitio V., Bobitski Ya., Tamulevicius S. (2019) Effect of Oxidation of Copper Nanoparticles on Absorption Spectra of DLC:Cu nanocomposites. *Diamond & Related Materials*, 99, 107538. *Особистий внесок здобувача: моделювання спектрів поглинання наночастинок CuO, Cu₂O та нанокмпозитних матеріалів на їх основі.*
2. **Bulavinets T.**, Varyshchuk V., Yaremchuk I., Bobitski Y. (2018) Design and Synthesis of Silver Nanoparticles with Different Shapes Under the Influence of Photon Flows. *Nanooptics, Nanophotonics, Nanostructures, and Their Applications*, 210, 231-241. *Особистий внесок здобувача: синтез, характеристика та модифікація морфології наночастинок срібла.*
3. **Bulavinets T.**, Yaremchuk I., Bobitski Ya. (2016) Modeling Optical Characteristics of Multilayer Nanoparticles of Different Sizes for Applications in Biomedicine. *Nanophysics, Nanophotonics, Surface Studies, and Applications*, 183, 101-115. *Особистий внесок здобувача: моделювання перерізів поглинання та розсіювання тришарових наноструктур.*

Патент України:

1. **Т. О. Булавінець**, Я. В. Бобицький, І. Я. Яремчук (2019) Спосіб одержання розчину колоїдного срібла, Патент України на корисну модель № 131184. *Особистий внесок здобувача: оптимізація технологічних процесів отримання колоїдного срібла.*

Статті в матеріалах конференцій які індексовані у наукометричних базах Scopus та Web of Science

1. **Bulavinets T.**, Yaremchuk I., Barylyak A., Bobitski Ya. (2020, April) Photocatalytic Properties of Metal-Semiconductor Nanosystems. *40th International Conference In Electronics And Nanotechnology (ELNANO)* (pp. 442-445). IEEE. *Особистий внесок здобувача: синтез та визначення фотокаталітичних властивостей наноструктур Ag-TiO₂:S.*

2. **Bulavinets T.**, Yaremchuk I., Kus-Liszkiewicz M., Lesyuk R., Bobitski Ya. (2019, April) Formation of Silver Nanostructures in Different Surrounding Media via Photoreduction. *39th International Conference on IEEE In Electronics And Nanotechnology (ELNANO)* (pp. 309-312). IEEE. *Особистий внесок здобувача: проведення синтезу та модифікації просторових та оптичних параметрів наноструктур срібла.*
3. **Bulavinets T.**, Yaremchuk I., Fitio V., Bobitski Ya. (2019, July) Spectral Characteristics of the Titanium Dioxide-Silver Nanoshells Under Localized Surface Plasmon Resonance. *2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)* (pp.762-765) IEEE. *Особистий внесок здобувача: моделювання оптичного відгуку наноструктур Ag-TiO₂ із різними геометричними параметрами.*
4. Malynych S., Moroz I., Bobitski Ya., **Bulavinets T.**, Cebulski J. (2019, September) Tunable color filter based on optomechanical plasmonic device. *8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL-2019)* (pp.375-378) IEEE. *Особистий внесок здобувача: дослідження спектрів пропускання пружної плівки PDMS із вбудованим 2D-масивом наночастинок срібла.*
5. Varyshchuk V., **Bulavinets T.**, Yaremchuk I., Bobitski Y. (2018, February) The Shape Effect on the Optical Properties of Metallic Nanoparticles. *14th International Conference "Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering" (TCSET)* (pp. 458-461) IEEE. *Особистий внесок здобувача: моделювання оптичного відгуку металевих наночастинок сферичної, трикутної та декаедричної форми.*
6. **Bulavinets T.**, Varyshchuk V., Malynych S., Lesyuk R., Bobitski Ya., Barylyak A. (2018, September) Formation of Silver Colloids by Photostimulated Reduction. *8th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2018)* (02PN11(1-4)) IEEE. *Особистий внесок здобувача: синтез наночастинок срібла фотостимульованим методом.*
7. **Bulavinets T.**, Yaremchuk I., Bobitski Ya. (2017, February) Spectral Properties of TiO₂-Ag Nanoshells with Different Shapes for Biomedical Applications. *14-th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM)* (pp. 441-444). IEEE. *Особистий внесок здобувача: моделювання спектрів екстинкції наноструктур TiO₂-Ag сферичної форми.*
8. **Bulavinets T.O.**, Yaremchuk I.Y., Kotsko A.Y., Bobitski Y.V. (2016, September). Modeling absorption and scattering cross sections of the multilayer nanoshells in the near infrared spectrum region. *13th International Conference on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling (LFNM)* (pp. 35-37). IEEE. *Особистий внесок здобувача: моделювання перерізів поглинання та розсіяння тришарових сферичних нанооболонки.*

Праці опубліковані в збірниках тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій:

1. Bobitski Ya., Yaremchuk I., **Bulavinets T.** (2019, June) Spectral characteristics of laser-irradiated micro and nanostructures on the base of nanoshells under plasmon resonance condition. *7th International Conference "Radiation in Various Fields of Research" (RAD 2019)* (p.48). Herceg Novi, Montenegro. *Особистий внесок здобувача: моделювання оптичного відгуку біметалевих нанооболонки.*
2. **Булавінець Т. О.**, Яремчук І. Я., Кусь-Ліскевич М., Бобицький Я. В. (2019, Червень) Формування срібних наноструктур у водному екстракті дріжджів фотостимульованим методом та їх характеристика. *III Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми фундаментальних наук» (АПФН-2019)* (с. 24-25). Луцьк, Україна. *Особистий внесок здобувача: синтез наночастинок срібла у водному розчині екстракту дріжджів фотостимульованим методом.*
3. Яремчук І. Я., **Булавінець Т. О.**, Бобицький Я. В. (2019, Червень) Вплив окиснення наночастинок міді на спектри поглинання нанокompatитів на їх основі. *III Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми фундаментальних наук» (АПФН-2019)* (с. 160).

- Луцьк, Україна. *Особистий внесок здобувача: розрахунок спектрів поглинання нанокмпозитів Cu-DLC.*
4. **Bulavinets T.** (2019, July) Photoreduction of silver nanostructures with different shapes and their characterization. *Exciting nanostructures: Characterizing advanced confined systems* (p.49). Bad Honnef, Germany.
 5. **Bulavinets T.**, Yaremchuk I., Bobitski Y. (2019, August) Photocatalytic Activity of TiO_2 and $TiO_2:C,S$ Nanopowders Under Visible Light. *7th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" (NANO)* (p.658). Lviv, Ukraine. *Особистий внесок здобувача: визначення фотокаталітичних властивостей нанопорошків TiO_2 та $TiO_2:C,S$ при фотодеградації барвника Родамін Ж.*
 6. Yaremchuk I., **Bulavinets T.**, Fitio V., Bobitski Ya. (2019, August) Core-shell nanostructures under localized plasmon resonance conditions. *7th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" (NANO)* (p.169). Lviv, Ukraine. *Особистий внесок здобувача: розрахунок оптичного відгуку біметалевих наноструктур.*
 7. **Булавінець Т. О.**, Яремчук І. Я., Дністрян І. В., Бобицький Я. В. (2018, Червень) Отримання колоїдів наночастинок срібла фотостимульованим методом та їх характеристика. *IX Міжнародна наукова конференція «Релаксаційні, нелінійні, акустооптичні процеси і матеріали» (РНАОПМ)* (с. 49). Луцьк, Україна. *Особистий внесок здобувача: синтез та моделювання спектрів поглинання наночастинок срібла методами дипольної еквівалентності та дискретного дипольного наближення.*
 8. Яремчук І. Я., **Булавінець Т. О.**, Фітьо В. М., Бобицький Я. В. (2018, Червень) Діелектричні властивості нанокмпозитних матеріалів на основі плазмонних наночастинок. *IX Міжнародна наукова конференція «Релаксаційні, нелінійні, акустооптичні процеси і матеріали» (РНАОПМ)* (с. 113). Луцьк, Україна. *Особистий внесок здобувача: моделювання оптичного відгуку нанокмпозитів Cu-DLC.*
 9. Yaremchuk I., **Bulavinets T.**, Fitio V., Bobitski Ya. (2018, August) Dielectric properties of nanocomposite materials based on plasmon nanoparticles. *20-th International Conference-School "Advanced Materials and Technologies" (AMT)* (p.117). Lithuania, Palanga. *Особистий внесок здобувача: визначення діелектричних властивостей нанокмпозитів Cu-DLC.*
 10. Yaremchuk I., **Bulavinets T.**, Fitio V., Bobitski Y. (2018, August) Absorption and Scattering Cross-Sections of the Spheroid Plasmon Nanoparticles. *Xth International Scientific and Practical Conference Electronics and Information Technologies (ELIT-2018)* (pp. B-27 – B-30). Lviv, Ukraine. *Особистий внесок здобувача: розрахунок перерізів поглинання та розсіювання наночастинок срібла при різних показниках заломлення оточуючого середовища.*
 11. **Булавінець Т. О.**, Яремчук І. Я., Гримак В. А., Бобицький Я. В. (2018, Жовтень) Моделювання оптичних властивостей гібридних напівпровідникових наноструктур. *VIII Українська наукова конференція з фізики напівпровідників (УНКФН-8-2018)* (с. 247-248). Ужгород, Україна. *Особистий внесок здобувача: моделювання ефективних перерізів поглинання та розсіяння наночастинок TiO_2/Ag та SiO_2/Ag сферичної форми.*
 12. **Bulavinets T.**, Bobitski Ya., Yaremchuk I., Todorovich Ye. (2017, August) Synthesis and photodynamic properties of silver nanoparticles. *5th International research and practice conference «Nanotechnology and nanomaterials» (NANO 2017)* (p.153). Chernivtsi, Ukraine. *Особистий внесок здобувача: синтез наночастинок срібла декаедричної та пірамідальної форми фотостимульованим методом.*
 13. **Bulavinets T.**, Todorovich Ye. (2017, August) Photostimulated Synthesis of Biocompatible Colloidal Silver Nanoparticles. *9th Ukrainian-Polish Scientific and Practical Conference "Electronics and Information Technologies" (ELIT-2017)* (pp.28–31). Lviv, Ukraine. *Особистий внесок здобувача: дослідження процесу утворення та росту наночастинок із іонів срібла під дією оптичного випромінювання.*

4.7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо.

Результати дисертаційної роботи було представлено та обговорено на міжнародних та всеукраїнських конференціях, семінарах та школах як в Україні, так і за кордоном: IEEE 13th International Conference on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling, LFNM-2016 (Lviv, Ukraine 13.09 – 15.09. 2016); IEEE 14-th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM-2017 (Polyana, Ukraine 21.02 – 25.02. 2017); 5th International research and practice conference Nanotechnology and nanomaterials, NANO-2017 (Chernivtsi, Ukraine, 23.08 – 26.08.2017); 9th Ukrainian-Polish Scientific and Practical Conference "Electronics and Information Technologies", ELIT-2017 (Lviv, Ukraine, 28.08 – 31.08.2017); IEEE 14th International Conference "Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering" TCSET-2018 (Lviv - Slavske, Ukraine, 20.02. – 24.02. 2018); IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties, NAP-2018 (Zatoka, Ukraine, 09.09. –14.09.2018); 20-th International Conference-School "Advanced Materials and Technologies", AMT-2018 (Palanga, Lithuania, 27.08. – 31.08. 2018); IX Міжнародна наукова конференція «Релаксаційні, нелінійні, акустооптичні процеси і матеріали», РНАОПМ-2018 (Луцьк – Світязь, Україна, 01.06. – 05.06.2018); Xth International Scientific and Practical Conference Electronics and Information Technologies, ELIT-2018 (Lviv, Ukraine, 30.08 – 02.09.2018); VIII Українська наукова конференція з фізики напівпровідників, УНКФН-8-2018 (Ужгород, Україна, 02.10. – 04.10.2018); IEEE 39th International Conference on Electronics And Nanotechnology, ELNANO-2019 (16.04. – 18.04.2019); IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON-2019 (Lviv, Ukraine, 02.07 – 06.07.2019); IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, CAOL-2019 (Sozopol, Bulgaria, 06.09. – 08.09.2019); 7th International Conference "Radiation in Various Fields of Research", RAD-2019 (Herceg Novi, Montenegro, 10.06 -14.06.2019); III Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми фундаментальних наук», АПФН-2019 (Луцьк - Світязь, Україна, 01.06 – 05.06.2019); 7th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials", NANO-2019 (Lviv, Ukraine, 27.08 – 30.08.2019); Summer School "Exciting nanostructures: Characterizing advanced confined systems" (Bad Honnef, Germany, 20.07. – 27.07.2019); IEEE 40th International Conference on IEEE In Electronics And Nanotechnology, ELNANO-2020 (22.04. – 24.04.2020).

4.8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Дисертацію Булавінець Т.О. присвячено вивченню та розширенню уявлення про принципи взаємодії електромагнітного випромінювання з вибраними металевими та метал-напівпровідниковими наноструктурами в умовах плазмонного резонансу, методів їх синтезу та дослідження фотодинамічних властивостей. В дисертації розв'язано важливе наукове завдання синтезу і вивчення фотодинамічних властивостей вибраних металевих та метал-напівпровідникових наноструктур (Ag, Ag/TiO₂:S,C) для біомедичних застосувань. Запропоновано застосування принципів взаємодії оптичного випромінювання із плазмонними наноструктурами для ефективного практичного використання у елементах і пристроях мікро- та наносистемної техніки, зокрема у сенсоричі та мікроактуаторах.

Результати дисертації використано у навчальному процесі для підготовки студентів та при виконанні бакалаврських та магістерських кваліфікаційних робіт студентів кафедри Фотоніки Національного університету «Львівська політехніка». Зокрема, для модернізації лабораторних робіт з дисципліни «Фотонна інженерія, ч.2» для студентів напряму 153 «Мікро- та наносистемна техніка».

4.9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані.

Отримані результати дисертації мають важливе значення для ряду прикладних застосувань у технологіях та засобах мікро- та наносистемної техніки.

Вдосконалено спосіб отримання колоїду срібла за допомогою лазерного випромінювання видимого діапазону (445 нм) із водного розчину солі срібла та цитрату натрію, як стабілізуючого агента. Отримані наноструктури характеризуються високою стабільністю та чистотою. Новизну використаної технології підтверджено деклараційним патентом України на корисну модель № 131184 «Спосіб одержання розчину колоїдного срібла». Розроблений пристрій для простої модифікації морфології плазмонних наноструктур, на основі LED з різними довжинами хвиль випромінювання. Пристрій дозволяє модифікувати просторові параметри наночастинок срібла та змістити піки їх плазмонного поглинання до ближньої ІЧ області. Наноструктури срібла з модифікованими оптичними параметрами можуть активно використовуватися у окремих галузях біомедицини як бактерицидні та фунгіцидні агенти. Ефективність використання модифікованих наноструктур срібла в ендодонтії підтверджена відповідним актом впровадження.

Отримані результати досліджень можуть бути використанні при вдосконаленні та виготовленні елементів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки, зокрема сенсорної електроніки та мікроактуаторів.

Окремі результати дисертаційних досліджень використовуються при виконанні науково-дослідної роботи «Наноструктуровані інтерфейси на основі нетоксичних матеріалів для прикладних застосувань» та у навчальному процесі для підготовки студентів напряму 153 «Мікро- та наносистемна техніка» кафедри фотоніки Національного університету «Львівська політехніка», що підтверджено відповідними актами.

4.10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (133 найменування) та 2 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 175 сторінок, з яких 134 сторінки основного тексту та містить 121 рисунок і 7 таблиць. Анотація, зміст, перелік умовних позначень, список використаних джерел та додатки викладено в роботі на 40 сторінках.

За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України. Загалом робота написана грамотною технічною мовою, матеріали досліджень подані логічно та послідовно.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

5. З урахуванням зазначеного,

На фаховому семінарі кафедри фотоніки ухвалили:

5.1. Дисертація Булавінець Тетяни Олександрівни «Фотодинамічні властивості наноструктур в умовах плазмонного резонансу для біомедичних застосувань» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання синтезу і вивчення фотодинамічних властивостей вибраних металевих та метал-напівпровідникових наноструктур (Ag, Ag/TiO₂:S,C) для біомедичних застосувань, що має важливе значення для галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

5.2. У 29 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України та 3 статті у наукових періодичних виданнях інших держав; 1 стаття у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз.

5.3. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167).

5.4. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Булавінець Т.О. дисертація «Фотодинамічні властивості наноструктур в умовах плазмонного резонансу для біомедичних застосувань» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	17 (сімнадцять) осіб
проти	-	(немає)
утримались	-	(немає)

Головуючий на засіданні фахового семінару, професор кафедри фотоніки, д.ф.-м.н., професор



Фітьо В.М.

Рецензенти:

д.т.н., проф., проф.



Стахіра П.Й.

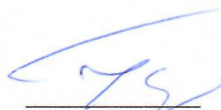
д.ф.-м.н., проф., проф.



Микитюк З.М.

Відповідальний у ННІ за атестацію PhD

д.т.н., проф., проф.



Островський І.П.

« 08 » вересня 2020 р.