

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертацію Азнакаєвої Діани Емірівни

на тему «Дослідження і моделювання нанорозмірних модуляторів»,

яка представлена на здобуття

наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю

05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність обраної теми.

Розвиток радіотехнічних систем зв'язку вимагає постійного оновлення та удосконалення їх технічних та технологічних засад. Об'єднання переваг радіорелейних та оптоволоконних систем зв'язку дозволяє збільшити пропускну здатність систем зв'язку та розширити частотний діапазон передачі сигналів. Застосування електрооптичних модуляторів дозволяє підвищувати або знижувати частоту радіосигналу, забезпечує широку смугу пропускання.

Тому дослідження, моделювання та виготовлення високоефективних, високопродуктивних широкосмугових, а також вузькосмугових електрооптичних наномодуляторів на основі графена та інших двовимірних наноматеріалів є актуальною задачею. Знаходження та використання необхідних наноматеріалів дозволяє підвищити енергоефективність електронних компонентів радіотехнічних та телевізійних пристроїв та систем. Застосування електрооптичних модуляторів дозволяє суттєво покращити технічні характеристики каналів передачі сигналів, а також електромагнітну сумісність ліній передачі даних.

Отже, тема дисертаційної роботи, що присвячена дослідженню, та моделюванню нанорозмірних модуляторів для забезпечення необхідного рівня готовності сучасних систем радіозв'язку, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертаційної роботи та отримані результати відповідають проблематиці держбюджетних тем, які виконуються в Національному авіаційному університеті у відповідності до держбюджетної науково-дослідної роботи № 30/22.01.06 «Новітні методи обробки сигналів і даних в

електронних системах». Напрямок досліджень пов'язаний з науковою тематикою кафедри електроніки і її навчальними дисциплінами «Оптоелектронні пристрої та системи», «Математичні методи оптимізації електронних систем», «Основи теорії твердого тіла та квантової електроніки» та з Державною цільовою науково-технічною програмою «Розроблення і створення сенсорних наукоємних продуктів на 2008–2017 роки».

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень та висновків.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, базується на коректному застосуванні відомих математичних методів розв'язання електродинамічних задач для розробки моделей та моделювання пристроїв нанорозмірних електрооптичних модуляторів та обробки результатів експериментів, застосуванням перевірених технологій побудови експериментальних пристроїв; збігом аналітичних розрахунків з результатами експериментальних вимірювань; а також практичним впровадженням результатів проведених досліджень, про що свідчать акти впровадження результатів дисертаційних досліджень у НВО «Телеоптика» та Національному авіаційному університеті.

Наукова новизна отриманих результатів.

До найбільш істотних наукових результатів дисертації відносяться наступні:

1. Вперше дослідженні, змодельовані і виготовлені широкосмугові, а також вузькосмугові електрооптичні наномодулятори поглинання випромінювання на основі графена та інших двовимірних наноматеріалів з використанням геометрії резонатора Фабрі-Перо, які на відміну від відомих модуляторів мають більш високу ефективність і продуктивність.

2. Вперше встановлено і експериментально підтверджено, що використання у якості діелектрика діоксида гафнію забезпечує ефект суперконденсатора твердого стану і дозволяє спостерігати модуляцію світла від ближнього інфрачервоного до видимого діапазону довжин хвиль, близьких до видимого спектра, з надзвичайно низькими електричними напругами на затворі (~ 4 В), що дозволяє досягти глибини модуляції в режимі передачі 30% на довжині хвилі у 1,1 мкм. Будучи першим

графеновим наномодулятором світла зі значним ефектом модуляції, реалізованим для твердого діелектрика при малих електричних напругах на затворі, цей результат представляє новизну для побудови радіотехнічних систем зв'язку з підвищеною ефективністю та пропускнуою здатністю.

3. Вперше розроблена нова технологія побудови захисного графенового бар'єру зразків міді, використовуючи геометрію Турбадара-Кречмана-Райтера, для захисту їх експлуатаційних характеристик та вивчено електричні властивості зразків міді, захищених графеном, для збудження та розповсюдження поверхневих електромагнітних збуджень, що дозволяє підвищити експлуатаційні характеристики розроблених електрооптичних наномодуляторів.

4. Вперше розроблена нова технологія для створення захисного графенового бар'єру зразків срібла для підвищення експлуатаційних характеристик електрооптичних наномодуляторів, яка заснована на ретельному протоколі перенесення графена на свіжо виготовлені плівки срібла, що дозволяє захистити срібло від погіршення його експлуатаційних характеристик. Це підтверджено спостереженнями мінімуму кривої плазмон-поляритонного резонансу.

5. Розроблено моделі та проведено дослідження, теоретичне моделювання та виготовлення широкосмугових та вузькосмугових графенових електрооптичних наномодуляторів з подальшим визначенням їх електрооптичних характеристик, а також їх електричне та електрооптичне тестування.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблений та виготовлений перший графеновий електрооптичний наномодулятор світла зі значним ефектом модуляції, реалізований з використанням твердого діелектрика при малих електричних напругах на затворі, що дозволяє створювати нанорозмірні елементи енергоефективних радіотехнічних та телекомунікаційних систем з високою пропускнуою здатністю та поліпшеними технічними характеристиками.

2. Розроблено нову технологію для створення захисного графенового бар'єру зразків срібла для захисту їх електричних характеристик, що заснований на ретельному протоколі передачі графена на свіжо виготовлені плівки срібла.

3. Розроблено нову технологію для створення захисного графенового бар'єру зразків міді для захисту їх електричних характеристик та вивчено електричні властивості зразків міді, захищених графеном, для збудження та розповсюдження поверхневих електромагнітних збуджень.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджено в учбовий процес Національного авіаційного університету та використані при виконанні держбюджетної НДР № 30/22.01.06 «Новітні методи обробки сигналів і даних в електронних системах» у Національному авіаційному університеті, впроваджені у НВО «Телеоптика».

Рекомендації щодо використання одержаних результатів.

Отримані в дисертаційній роботі нові теоретичні положення, моделі та методи моделювання, та технології доцільно використовувати в проектних і науково-дослідних організаціях, що займаються розробкою нових та модернізацією існуючих систем радіозв'язку, а також постачальниками та експлуатантами обладнання систем радіозв'язку.

Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях.

Основний зміст дисертації опубліковано у 26 друкованих наукових працях, в тому числі 5 в іноземних та 7 у вітчизняних фахових реферованих виданнях, які включені в «Перелік наукових фахових видань України», затверджений МОН України, та до міжнародних науково-метричних баз, 3 статті, які додатково відображають наукові результати дисертації, та 14 статей, що входять до міжнародної науково-метричної бази Scopus, 11 статей у матеріалах міжнародних наукових конференцій. Це відповідає вимогам, які висуваються до опублікування результатів дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата наук.

Мова та стиль викладання дисертації.

Дисертація та автореферат написані грамотно і логічно з дотриманням правил викладання і написання технічних робіт. Дисертацію та автореферат оформлено українською мовою.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності у цілому.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до діючих вимог, що пред'являються до дисертацій та автореферату. Вона складається зі вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел з 174 найменувань, загальних висновків і додатків. Роботу викладено на 192 сторінках основного

тексту та додатків, містить 66 рисунків. Вона написана ясною технічною мовою. Висновки, наукові та практичні результати дисертації в повній мірі відображають характер виконаних робіт.

Зміст автореферату в цілому відповідає змісту дисертації та містить основні результати досліджень, поданих у дисертації.

Зауваження щодо змісту дисертації.

В якості зауважень щодо змісту дисертації можна визначити наступне:

1. При розробці моделей електрооптичного модулятора як компоненти використовувалися графен та інші двовимірні матеріали. Бажано було б детальніше зупинитися на перевагах застосування таких двовимірних матеріалів у реальних пристроях.

2. Не досліджений вплив часу на характеристики розглянутих структур: внаслідок процесу окису металів характеристики модуляторів можуть погіршуватися.

3. Доцільно було б пов'язати характеристики досліджених структур з їх показниками надійності.

4. У четвертому розділі розроблена математична модель та проведено теоретичне моделювання поверхневих електромагнітних збуджень за допомогою комплексу програмного забезпечення, який дозволяє виконувати розрахунки за запропонованими методиками. Доцільно було б детальніше сказати, що то за комплекс та у якому програмному середовищі він виконаний.

5. У другому розділі дисертаційної роботи в тексті на сторінці 63 треба виправити номер рисунку 2.1.1.1(b) на 2.1.2.1 (b), а на сторінці 107 – нумерацію рисунку з 1.1.4.1.3 на 2.1.3.3.

Зазначені зауваження не знижують наукового рівня дисертаційної роботи і не впливають на її позитивну оцінку в цілому.

Загальний висновок.

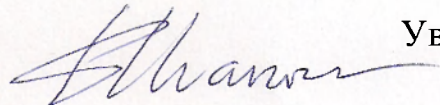
Вважаю, що за актуальністю теми, ступенем обґрунтованості і достовірності результатів, науковою новизною і практичним значенням дисертаційна робота Азнакаєвої Д. Е. «Дослідження і моделювання нанорозмірних модуляторів» є закінченою науковою працею, у якій вирішено актуальну наукову задачу, що має теоретичне та практичне значення, відповідає паспорту спеціальності та вимогам п. 9, та п. 11 «Порядку

присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Азнакаєва Діана Емірівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – «Радіотехнічні та телевізійні системи».

Офіційний опонент:

професор кафедри радіоконструювання та
виробництва радіоелектронної апаратури
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, професор

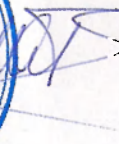


Уваров Б. М.

Підпис Уварова Б. М. засвідчую:

Вчений секретар

Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського»



Мельниченко А.А.

«18» вересня 2018 р.