

офіційного опонента доктора фізико-математичних наук, старшого дослідника, завідувача відділу теоретичної радіофізики Радіоастрономічного інституту НАН України Ячина Володимира Васильовича на дисертаційну роботу Герасимової Дарії Олександрівни «Дифракційне випромінювання на структурах з круглих діелектричних, металевих і графенових нанониток, що збуджуються модульованим потоком електронів», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

104 – Фізика та астрономія, 10 – Природничі науки

Дифракційне випромінювання (ДВ) у мікрохвильовому діапазоні використовується як зручний метод неінвазивної діагностики пучків у прискорювачах, які називаються моніторами положення пучка (МПП). Розробка таких моніторів може бути поширена на оптичний діапазон оскільки поява та швидкий розвиток нанотехнологій відкриває шлях до створення ансамблів нанорозмірних оптичних розсіювачів із контрольованою формою та розташуванням. Нанорозмірні компоненти вносять дуже незначні збурення у пучок, а саме у його швидкість і траєкторію, і тому його поле можна вважати фіксованим. Тому аналіз ефекту ДВ пучка заряджених частинок що рухається поблизу нанорозмірних перешкод є необхідним та недостатньо висвітленим у наявних наукових працях. Тому, предметом дослідження дисертаційна робота Герасимової Д.О. є резонансні та спектральні характеристики розсіювання та поглинання електромагнітного поля скінченними конфігураціями круглих нанониток і нанотрубок, що збуджуються модульованим пучком електронів, а також власні моди таких конфігурацій.

**Актуальність** теми дисертаційної роботи Герасимової Д.О. обумовлена фундаментальним дослідженням у галузі нанофотоніки та оптики, та додатковим практичним інтересом застосування у галузі радіофізики (фізики прискорювачів). А саме, актуальним є дослідження явища розсіяння та поглинання пучка заряджених частинок конфігураціями діелектричних, срібних та вкритих графеном даймерів для практичного застосування у якості оптичного монітора положення пучка та конфігураціями скінчених ґраток для - діелектричного лазерного прискорювача (ДЛП).

**Метою дисертаційної роботи** є аналіз ефекту ДВ для різних структур круглих нанониток і нанотрубок із діелектрика, срібла та графену для встановлення конфігурацій та їх параметрів, які є найбільш чутливими до варіацій траєкторії променя та до змін його швидкості. Для досягнення поставленої мети було виконано наступні завдання: побудовані двовимірні математичні моделі структур, що досліджувались; розроблені чисельні алгоритми розрахунку спектральних характеристик розсіяння та поглинання, а також полів у ближній та дальніх зонах; досліджено вплив різних типів резонансів на ДВ модульованого пучка електронів; модифіковано оптичну теорему (зв'язок характеристик розсіяння та поглинання) для випадка модульованого пучка; підтверджено розраховану задачу ДВ комерційними програмними пакетами; розроблено рекомендації щодо оптимальної конструкції оптичного монітора положення пучка.

**Структура дисертаційної роботи** Герасимової Д.О. складається з анотації, вступу, п'ятих розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Дисертація ґрунтується на 6 статтях, що опубліковані у міжнародних наукових виданнях та 19 конференційних тезах доповідей у збірниках праць міжнародних конференцій.

У **першому розділі** розглядаються основні методи аналізу розсіювання хвиль круглими конфігураціями діелектричних циліндрів, представлення падаючого поля як гармонічно модульованого поля пучка заряджених частинок, комплексна діелектрична проникність срібла як функція частоти, опис провідності графену за допомогою формалізму Кубо, характеристики розсіювання та поглинання та оптична теорема, адаптована до поля

променя, та постановка проблеми виявлення порогового значення для умов збудження лазера.

У **другому розділі** виконано постановку задачі розсіювання для скінченної кількості круглих нанониток, збуджених електронним пучком. Також розділ присвячений чисельному дослідженню характеристик розсіювання та поглинання у видимому діапазоні для одиночної діелектричної нанонитки та даймеру з двох таких нанониток.

**Третій розділ** містить аналіз характеристик розсіювання та поглинання для окремої круглої срібної нанонитки та подвійної конфігурації з срібних нанониток і нанотрубок у видимому діапазоні. Крім того у цьому розділі приведені порівняння характеристик поглинання даймеру з срібних трубок з розрахунками у комерційній програмі (методом FDTD).

У **четвертому розділі** чисельно досліджено характеристики розсіювання та поглинання у терагерцовому діапазоні для окремої круглої діелектричної нанонитки, покритої графеном, подвійної конфігурації таких нанониток із графеновим покриттям та кінцевого масиву круглих діелектричних нанониток, вкритих графеном.

У **п'ятому розділі** представлено реалізацію підходу проблеми власних значень лазерного випромінювання для дослідження електромагнітного поля в присутності однієї круглої квантової нитки, яка виготовлена з посилюючого матеріалу та обгорнута графеновою оболонкою та даймера двох ідентичних таких ниток, на порозі стаціонарного випромінювання.

Наприкінці кожного розділу дисертаційної роботи авторка приводить відповідні висновки, узагальнюючі результати наведено наприкінці дисертації. Отже, особистий внесок дисертантки є визначальним.

Наведені результати досліджень, на погляд опонента, є цілком коректними і **достовірними**. Це підтверджується використанням відомих та достовірних досліджень, публікаціями у рейтингових фахових міжнародних журналах, які входять до міжнародних наукометричних баз. Результати, що було наведено в роботі пройшли успішну **апробацію** на міжнародних наукових конференціях в Україні та за кордоном. Тому **обґрунтованість** наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих здобувачем, не викликає сумніву.

Серед низки **нових** отриманих **результатів** можна виділити як **найбільш значущі**:

- виявлено ефект резонансного відгуку у ДВ модульованого пучка електронів для високо добротних супермод даймерів з діелектричних ниток з великим показником заломлення, тонких нанотрубок з благородних металів і ниток з графеновим покриттям при досить високих значеннях хімічного потенціалу графену;
- отримано результати чисельного аналізу характеристик розсіювання та поглинання, викликаних ДВ, картин дальнього та ближнього поля хвильового випромінювання від пучка заряджених частинок, що рухається поблизу різноманітних нанониткових розсіювачів та їх ґраток, вони мають фундаментальне значення та широкий спектр застосування. Останній включає проектування ММП і ДЛП. Аналіз порогових умов для плазмонних мод розглянутих у дисертації нанолазерів може допомогти у створенні нових, більш ефективних нанолазерів;
- адаптовано Оптична теорема для ефекту ДВ модульованого пучка електронів.

Серед **питань** і **зауважень** до змісту роботи, які варті обговорення, вважаю потрібним відзначити наступне:

- На мою думку, варто було більш детально проаналізувати ефективність моніторингу положення пучка круглими брусами з різних матеріалів та конфігурацій. Надати графічне порівняння;

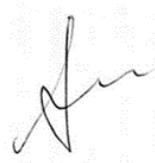
- Наведено мало порівнянь з результатами моделювання в комерційних програмах. Варто було б забезпечити порівняння теоретичних даних з експериментом;
- Не слід було автору використовувати термін ближнього поля до розподілу поля всередині циліндричного об'єкта – це внутрішнє поле об'єкта;
- У роботі не наведений аналіз впливу кутового зміщення траєкторії модульованого пучка заряджених частинок на дифракційне випромінювання;
- В останньому розділі для дослідження ґраток з діелектричних нанониток вкритих графеном не приведені характеристики поглинання;
- До недоліків слід також віднести наявність стилістичних та друкарських помилок в тексті.

Варто зауважити, що вищевикладені недоліки не мають принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку праці.

У підсумку, вважаю, що дисертаційна робота Герасимової Д.О. є **завершеною**, самостійно підготовленою кваліфікаційною **науковою працею**, в якій отримані нові науково обґрунтовані та практично цінні результати. В якості основних переваг даної дисертаційної роботи слід віднести той факт, що всі результати отримані авторкою були опубліковані та апробовані у високореєтингових міжнародних журнальних виданнях та конференціях.

Вважаю що за актуальністю, новизною, науковим рівнем та обсягом проведених досліджень дисертаційна робота Герасимової Д. О. **«Дифракційне випромінювання на структурах з круглих діелектричних, металевих і графенових нанониток, що збуджуються модульованим потоком електронів»** повністю відповідає вимогам МОН України, які висуваються до робіт, поданих на здобуття наукового ступеня доктора філософії, зокрема п. 9,10,11,12 “Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167 та зі змінами згідно Постанови КМ № 608 від 09.06. 2021, а її авторка, Герасимова Дарія Олександрівна, заслуговує присудження вченого ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія.

Опонент  
доктор фізико-математичних наук,  
старший дослідник, завідувач відділу  
теоретичної радіофізики  
Радіоастрономічного інституту  
НАН України



Володимир ЯЧИН

Підпис д. ф.-м. н. Володимира ЯЧИНА засвідчую:  
Вчений секретар Радіоастрономічного інституту  
НАН України  
кандидат фізико-математичних наук



Юлія АНТОНЕНКО

“5” лютого 2024 р.