ВИСНОВОК

наукового керівника, щодо виконання індивідуального плану наукової роботи, індивідуального навчального плану та роботи над дисертацією

Єфименко Ніни Олександрівни

«Формування комбінованих потоків активованих частинок в плазмових системах зі схрещеними ЕН полями для синтезу наноструктурних покриттів»,

яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 10 – Природничі науки
за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.

У 2018 році Єфименко Н.О закінчила фізико-технічний факультет Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна з «відзнакою» та працювала в Лабораторії діагностики плазмових технологічних процесів КМРБФТ на посаді молодшого наукового співробітника. За тематикою дипломних робіт було опубліковано дві статті.

У 2019 році поступила до аспірантури Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Освітня складова індивідуального плану Єфименко Н.О. була виконана вчасно та у повному обсязі.

Тема дисертаційної роботи Єфименко Н.О. пов'язана з пріоритетним напрямком наукової роботи кафедри в галузі досліджень та розробки іонно-плазмового обладнання і технологій для синтезу складно композиційних нано-структурних функціональних покриттів для машинобудування, електроніки, ядерної енергетики, біомедицини тощо. Цей напрямок розвивається на кафедрі більш 30 років в рамках виконання фундаментальних і прикладних НДР Міністерства освіти і науки та фонду Наукових досліджень України (НФДУ).

Мету роботи було сформульовано як дослідження закономірностей та розробка нових методів генерації і керування потоками активованих (іонів, електронів та радикалів) частинок в кластерній іонно-плазмовій, та комбінованій магнетронній іонно-променевой / плазмовій системах (КІПС та МІПС) зі схрещеними ЕН полями для синтезу складно-композиційних наноструктурних покриттів. Ці системи, які вперше було розроблено на кафедрі, є унікальними і потребують подальших досліджень як фізичних характеристик, так розробки новітніх технологій синтезу покриттів з заданими параметрами.

Перший етап роботи в рамках наукової складової індивідуального плану здобувачка почала із аналізу літературних джерел, включаючи наукову

періодику, пов’язаних з теоретичними засадами генерації та динаміки стаціонарних іонних та плазмових потоків та експериментальними результатами, отриманими на різноманітних іонно-плазмових системах. Особлива увага приділялась пошуку літератури, присвяченій стаціонарним компенсованим іон-електронним потокам, що генеруються в системах зі схрещеними електричним (Е) і магнітним (Н) полями, зокрема, газорозрядних магнетронах, джерелах іонів холлівського типу та в ВЧ індукційному і комбінованих розрядах.

Для проведення експериментальних досліджень в КІПС і МІПС здобувачкою було підготовлено та виготовлено комплекс зондової діагностики пучків заряджених частинок, визначено особливості застосування електричних зондів в умовах інтенсивних потоків розпорошених атомів металу. Також, Єфименко опанувала роботу з оптичним і мас спектрометричним приладами: спектрометром Horiba iHR-320 та РОМС-4.

На другому етапі роботи було проведено експериментальні дослідження параметрів плазми в кластерній іонно-плазмовій системі для травлення і реактивного синтезу покриттів на базі магнетрона, джерела ВЧІ плазми і джерела іонів. Метою досліджень було визначення оптимальних параметрів системи в процесах синтезу захисних і електретних покриттів на основі оксидів Al_2O_3 і Ta_2O_5 для медичних імплантатів. В результаті роботи було синтезовано одношарові і багатошарові покриття з оксидів алюмінію та танталу і вивчено їх фізичні та трибологічні властивості. Зокрема було показано, що отримані плівки мають однорідну структуру поперечного перерізу і гладкий рельєф поверхні. Також, покриття з Ta_2O_5 мають високі діелектричні і електретні параметри. Було вивчено біологічні властивості покриттів і показано, що синтезовані плівки володіють високою поверхневою і фракційної полярністю, що покращує ріст клітин сполучної тканини (фібробластів).

В результаті було визначено оптимальне «технологічне вікно» та зроблено рекомендації щодо отримання стехіометричних покриттів з пенто-оксиду тантала в КІПС. Також, на основі досліджень плазми проведено оснащення КІПС додатковим обладнанням для контролю і моніторингу в часі ключових параметрів технологічного процесу нанесення покриттів на зразки та медичні вироби для імплантології.

Третій і четвертий етапи работи було присвячено комплексним експериментальним, технологічним і теоретичним дослідженням новітньої комбінованої магнетронної іонно-променевої /плазмової системи (МІПС) у двох модифікаціях. Результатами проведених досліджень є наступне:

- отримано послідовний синтез аморфної, γ - та α – фаз оксиду алюмінію за участю іонного бомбардування в магнетронній іонно-променевій системі при температурі зразків меншої 500° С.
- експериментально доведено можливість формування при анодного шару електронів в плазмовому режимі роботі джерела іонів холлівського типу без розжарювального катоду завдяки інжекції електронів з магнетронного розряду.
- експериментально встановлено і теоретично обґрунтовано самоузгоджене керування напругою при анодного шару електронів в джерелі іонів холовського типу в плазмовому режимі за допомогою магнітного поля.
- в комбінованій іонно-плазмовій системі отримано направлений компенсований іон-електронний потік з керованою енергією іонів в діапазоні *(30-500) еВ* і густиною струму до *30 мА/см*^{2}.

Також, експериментально доведено і теоретично обґрунтовано нову концепцію комбінованої МІПС, яка дозволяє генерувати потужні іон-електронні протококи з керованою енергією. Таким чином, тематика роботи і отримані результати становлять інтерес не тільки для фундаментальної фізики газового розряду і низькотемпературної плазми в магнітному полі, а є актуальними для розробки нової генерації іонно-плазмового обладнання для мікро- і нанотехнологій.

Під час навчання в аспірантурі Єфименко Н.О. набула знання і досвід, необхідних для самостійної науково-дослідницької роботи. Серед них, - практичні навички роботи з складним іонно-плазмовим обладнанням та різноманітними методи діагностики низькотемпературної плазми і потоків заряджених частинок. Також здобувачка проявила здатність до самостійної постановки й творчого розв’язання складних наукових задач, спроможність до аналізу отриманих результатів, навички підготовки й виконання науково-дослідних проектів і робіт та практичного використання комп’ютерних технологій. Крім того, Єфименко Н.О. здобула навички викладання, при проведенні лабораторних робіт з студентами 1 курсу магістратури з дисципліни «Іонно-плазмові системи в ЕН полях для мікро- та нанотехнологій».

При виконанні поставлених завдань Єфименко Н.О. проявила себе працелюбним, цілеспрямованим, талановитим дослідником із широкою науковою ерудицією, аналітичними здібностями і високим рівнем володіння англійською мовою. Результати досліджень здобувачки мають досить високу апробацію, оскільки були опубліковані в шести статтях у фахових

періодичних виданнях, включених до наукометричних баз Scopus або WebofScience та викладені в шести доповідях на наукових конференціях.

Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи Єфименко Н.О. виконана повністю та на високому рівні.

На основі вищевикладеного, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Єфименко Н.О. є самостійним, виконаним на високому теоретичному й практичному рівні, завершеним науковим дослідженням, в якому отримано нові науково обґрунтовані результати в галузі низькотемпературної плазми та нанотехнологій.

Рекомендую роботу Єфименко Н.О. за темою «Формування комбінованих потоків активованих частинок в плазмових системах зі схрещеними ЕН полями для синтезу наноструктурних покриттів» до попередної експертизи дисертації та подальшого захисту.

Науковий керівник, доктор фіз.-мат. наук,
професор, професор кафедри матеріалів
реакторобудування та фізичних технологій
ННІ «ФТФ» ХНУ імені В.Н. Каразін Олександр ЗИКОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 15:38:58 15.11.2023

Назва файлу з підписом: Висновок_наукового_керівника_Єфименко (1).pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 113.4 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Висновок_наукового_керівника_Єфименко (1).pdf
Розмір файлу без підпису: 111.0 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ЗИКОВ ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ
П.І.Б.: ЗИКОВ ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2105000898
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 15:38:57 15.11.2023
Сертифікат виданий: АЦСК АТ КБ «ПРИВАТБАНК»
Серійний номер: 248197DDFAB977E5040000003CC4110114B04904
Алгоритм підпису: ДСТУ-4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований