

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Андрієнко Ольги Володимирівни на тему «Довгомірна плазмова система малого діаметру з тліючим розрядом низького тиску», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 – Електроніка

Актуальність теми дисертації.

Розробка іонних технологій обробки матеріалів є перспективним напрямком у різних галузях. Зокрема, для обробки довгомірних виробів малого діаметру для медицини (створення протезів, медичних пристроїв), виробів оборонної промисловості (стволів вогнепальної зброї, системи СТЕЛС), виробів тонкої механіки. Великий потенціал для реалізації іонних технологій має тліючий розряд. Для проектування технологічного обладнання і розробки технологічних процесів потрібні знання про особливості і характеристики тліючого розряду, що може бути досягнуте за допомогою моделювання. Більшість робіт в цій галузі присвячено моделюванню тліючого розряду в плоско-паралельних системах, які не враховують складну топологію реальних довгомірних систем малого діаметру і особливості розряду в таких системах.

Тому дисертаційна робота Андрієнко Ольги Володимирівни на тему «Довгомірна плазмова система малого діаметру з тліючим розрядом низького тиску» присвячена вирішенню задачі моделювання тліючого розряду в довгих трубках малого діаметру в умовах з відношенням довжини (L) до відстані між електродами (d) $L \gg d$ (при d в межах 3-20 мм, L - до 1 м) за тиску, що відповідає області мінімуму кривої Пашена, тобто для $p \cdot d$ в межах 0,5-1,5 Па·м в середовищі аргону є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше побудовано фізико-топологічну гідродинамічну модель довгомірної плазмової системи з тліючим розрядом в дрейфово-дифузному наближенні з урахуванням пружних зіткнень електронів та іонів з молекулами газу, іонізації атомів газу електронним ударом, генерації метастабільних частинок, вторинної іонно-електронної емісії з поверхні катода, рекомбінації заряджених частинок, процесів дифузії та дрейфу заряджених частинок, впливу просторового заряду на розподіл електричного поля та прилипання частинок на поверхні електродів дозволяє адекватно розрахувати параметри розряду і розрядної плазми (максимальна похибка розрахунків вторинної електронної емісії склала 14%, а для струму не перевищувала 4%) в довгомірних вузьких

трубчастих електродних системах з відношенням довжини до відстані між електродами $L \gg d$ (при d в межах 3-20 мм, L - до 1 м) за тиску, що відповідає області мінімуму кривої Пашена, тобто для pd в межах 0,5-1,5 Па•м в середовищі аргону.

2. Вперше побудована модель газорозподілу у довгомірній плазмовій коаксіальній системі малого діаметру з перфорованим внутрішнім електродом у ламінарному режимі руху газових молекул (при діаметрі отворів суттєво більше ніж довжина вільного пробігу молекул газу) дозволяє визначити характеристики розподілу газу в газорозрядному проміжку, зокрема величину неоднорідності газового потоку зі швидкістю вхідного потоку порядку 100 м/с.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове **завдання виконано повністю**, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Андрієнко Ольги Володимирівни повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 – Електроніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми 17 – Електроніка та телекомунікації.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Електроніка.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Андрієнко Ольги Володимирівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Робота містить 144 сторінок, у тому числі: 110 сторінок основного тексту, 54 рисунки, 23 таблиці, список використаних джерел із 106 найменувань на 11 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, яка пов'язана з необхідністю розробки нових моделей тліючого розряду в коаксіальних системах із високим співвідношенням довжини до діаметра, що мають велике практичне значення в іонно-плазмових технологіях. Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, зазначено методи дослідження, а також окреслено наукову новизну та практичну цінність роботи.

Перший розділ присвячено огляду пристроїв, що використовують тонкі металеві трубки, зокрема в медицині, авіації, харчовій та хімічній промисловості. Окрема увага приділена плазмовим системам для обробки внутрішньої поверхні таких трубок. Детально описано вимоги до геометрії, стерильності, шорсткості внутрішньої поверхні та її впливу на експлуатаційні характеристики.

Другий розділ містить аналіз сучасного стану досліджень у сфері моделювання тліючого розряду. Розглянуто основні класи моделей, їхні переваги та обмеження. Наголошено на відмінностях між моделями плоских електродів і коаксіальних систем. Обґрунтовано потребу у фізико-топологічному підході до моделювання саме для вузьких довгомірних систем.

У третьому розділі представлено побудову фізико-топологічної гідродинамічної моделі тліючого розряду в дрейфово-дифузному наближенні з урахуванням ключових електрофізичних процесів. Надано результати чисельного моделювання для систем з внутрішнім анодом, нитковим катодом та двохелектродної системи в діелектричній оболонці. Окремо розглянуто моделювання високовольтного іонного діода. Модель забезпечує розрахунки з високою точністю (похибка по струму не перевищує 4%).

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням умов створення стабільного тліючого розряду в коаксіальних порожнинах з перфорованим електродом. Виконано моделювання розподілу газу через перфорований електрод, встановлено що запропонована модель підходить для розрахунку параметрів розряду як в суцільних, так і в перфорованих трубках за умови стаціонарного тиску в газорозрядній системі.

У висновках представлено узагальнення результатів, підтверджено досягнення поставленої мети, наведено наукові положення, які виносяться на захист, та практичні рекомендації для використання отриманих моделей у плазмотехнічних пристроях. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 0 статей у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 0 статей у виданнях, віднесених до першого — третього кuartилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 0 патентів на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосується наукових

результатів дисертації; 0 патентів України на корисну модель; 0 одноосібних монографій, що рекомендовані до друку Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського та пройшли рецензування.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Аналіз тексту дослідження та використаних здобувачем джерел, свідчить про відсутність порушення академічної доброчесності автором дисертації.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Нажаль не показано схемотехніку джерел живлення, що використано у експериментальних дослідженнях.

2. В роботі йдеться про суттєве зменшення обчислювального навантаження при використанні розробленої моделі. Але не приведено порівняльних характеристик між розробленою моделлю та класичними.

3. В додатку А в таблицях не вказано одиниці виміру величин.

4. В роботі сказано, що моделювання здійснювалося за допомогою чисельних методів, використовуючи сучасні програмні комплекси, які забезпечують високоточні обчислення гідродинамічних параметрів. Але які саме сучасні програмні комплекси використано не вказано.

5. Вважаю, що розділи 1 та 2 можна об'єднати в один.

6. Перша наукова новизна та перша практична значимість майже повністю співпадають.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Андрієнко Ольги Володимирівни на тему «Довгомірна плазмова система малого діаметру з тліючим розрядом низького тиску» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для електроніки. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу

вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Андрієнко Ольга Володимирівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 – Електроніка.

Офіційний опонент:

Старший науковий співробітник відділу електроживлення технологічних систем інституту електродинаміки НАН України, к.т.н., старший дослідник



Дмитро ВІННИЧЕНКО

М.П. «____» _____ 20__ року

Підпис Вінниченко Дмитро засвідчую
Начальник
відділу кадрів Кривоніс Л.В.
23.06.2025р.

