

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

Національного технічного

університету України

“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

к.т.н., доц.

Тетяна ЖЕЛЯСКОВА

“ 26 ” 03 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 19 від 12 березня 2025 р. розширеного засідання
кафедри електронних пристроїв та систем

Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри електронних пристроїв та систем: зав. каф., д.т.н., проф. Вербицький Є.В., д.т.н., проф. Жуйков В.Я., д.т.н., проф. Кузьмичев А.І., д.т.н., проф. Писаренко Л.Д., д.т.н., проф. Мельник І.В., д.т.н., проф. Ромашко В.Я., д.т.н., проф. Терещенко Т.О., д.т.н., проф. Ямненко Ю.С., к.ф.н., доц. Абакумова О.О., к.т.н., доц. Батрак Л.М., к.т.н., доц. Бондаренко О.Ф., к.т.н., доц. Клен К.С., к.т.н., доц. Михайлов С.Р., к.т.н., доц. Тугай С.Б., к.т.н., доц. Хижняк Т.А., к.т.н., доц. Цибульський Л.Ю., к.т.н., доц. Сафронов П.С., к.т.н., доц. Чадюк В.О., ст. викл. Бевза О.М., к.т.н., ст. викл. Заграничний А.В., к.т.н., доц. Олійник О.О., к.т.н., доц. Сидоренко С.Б., вчений секретар Соколов А.А.
- з кафедри мікроелектроніки, факультету Електроніки: зав. каф., доктор технічних наук, професор, Татарчук Дмитро Дмитрович.

Запрошені з інших організацій:

1. Старший науковий співробітник, Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України кандидат технічних наук, Вінниченко Дмитро Валерійович.

2. Старший науковий співробітник відділу фізики плазми та плазмових технологій, Київського Інститут Ядерних Досліджень НАН України кандидат фізико - математичних наук, Порицький Павло Віталійович.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри Електронних пристроїв та систем Андрієнко Ольги Володимирівни за матеріалами дисертаційної роботи "Довгомірна плазмова система малого діаметру з тліючим розрядом низького тиску", поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 17- Електроніка та телекомунікації, за спеціальністю 171-Електроніка, Освітньо- наукова програма Електроніка.

Тему дисертаційної роботи "Особливості використання коронного розряду для екологічних і біологічних застосувань" затверджено на засіданні Вченої ради факультету електроніки (протокол № 11/2021 від "29" листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради факультету електроніки (протокол № 01/2025 від "20" січня 2025 року). "Довгомірна плазмова система малого діаметру з тліючим розрядом низького тиску".

Науковим керівником затверджений к.т.н., доцент Цибульський Л. Ю.,

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

Д.т.н., професор Вербицький Є.В., д.т.н., професор Жуйков В.Я., д.т.н., професор Кузьмичев А.І., д.т.н., професор Мельник І.В., д.т.н., професор Татарчук Д.Д., к.т.н., доцент Сидоренко С.Б., к.т.н., доцент Бондаренко О.Ф., к.т.н., Вінниченко Д.В., к.ф.м.н., Порицький П.В.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

Д.т.н., професор Вербицький Є.В., д.т.н., професор Жуйков В.Я., д.т.н., професор Мельник І.В., д.т.н., професор Татарчук Д.Д., к.т.н., доцент Бондаренко О.Ф., к.т.н., Вінниченко Д.В., к.ф.м.н., Порицький П.В.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження 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 дана робота 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 pd в межах 0,5-1,5 Па·м в середовищі аргону.

2.3в'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана на кафедрі електронних пристроїв та систем в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в рамках наступних наукових проектів:

- НДДКР Дослідження електродинамічних ефектів у пристроях вакуумної та плазмової електроніки технологічного призначення, номер ДР 0119U103973, терміни виконання 2019-2022 рр.

- НДДКР Технологія комбінованого лазерного та імпульсно-плазмового нанесення зносостійких покриттів для зміцнення стволів вогнепальної зброї, номер ДР 0121U111822, терміни виконання 2020-2022 рр.

- НДДКР Дослідження та моделювання динамічних процесів в електронно-іонних системах, номер ДР 0124U002408, терміни виконання 2024-2026 рр.

3. Наукова новизна отриманих результатів

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 (самоузгодженість 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.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

1. Створена модель тліючого розряду забезпечує адекватні розрахунки параметрів розряду (напруги, струму, густини струму) та газорозрядної плазми (розподіл концентрації заряджених частинок в міжелектродному проміжку, потенціалу плазми, температури електронів) при різних розмірах та топологій електродних систем полегшує проектування пристроїв для технологій іонної обробки 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, але система може застосовуватись для різних газів.

2. Результати моделювання та дослідження використані при розробці технології іонного обробки трубчастих металевих довгомірних виробів малого діаметру для обґрунтування режимів підтримання іонно-генеруючого тліючого розряду за електричним живленням і тиском робочого газу. Також моделювання дозволило обґрунтувати вибір діаметру внутрішнього електроду при заданому внутрішньому діаметрі зовнішнього електроду.

3. Розроблена модель двухелектродного пристрою у діелектричній оболонці з неоновим наповненням за допомогою якої був розроблений індикатор критичної напруженості електромагнітного поля. Пристрій успішно апробований для використання в мікрохвильовій печі. На основі даного пристрою може бути побудована плазмова система великої площини для використання в системах керування електромагнітним випромінюванням.

4. Розроблена модель газорозподілу дозволяє визначити режим протікання та розподіл тиску газу в міжелектродному проміжку коаксіальної системи при подачі газу через перфорований внутрішній електрод та показала суттєву неоднорідність тиску робочого газу при такому способі подачі газу в електродну систему.

5. Апробація результатів дисертації Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародних науково-технічних конференціях: 2024 IEEE 7th International Conference on Smart Technologies in Power Engineering and Electronics (STEE); 2021 Journal of physics: conference series; IV Міжнародна наук.-практ. конференції — Прикладні науково-технічні дослідження, 1-3 квітня 2020; III INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «Collective Thinking: Unifying Scientific Approaches in Multifaceted Research», November 29 – December 01, 2023, Amsterdam, Netherlands; 2nd International Scientific and Practical Internet Conference "Scientific Research and Innovation" devoted to modern achievements in science, April 3-4, 2023.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Андрієнко О.В. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 10 наукових публікацій, у тому числі:

- 0 одноосібних монографій, 0 одноосібних розділів у колективних монографіях;
- 5 статей у наукових фахових виданнях України 171-Електроніка в т.ч. 2 статті у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;
- 0 статей у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus та/або Web of Science Core Collection із зазначенням квартилю видання (якщо такий є);
- 0 патентів України на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу;
- 0 патентів України на корисну модель;
- 5 тез виступів на наукових конференціях;
- 0 статей, що додатково відображають результати дисертації.

Статей у наукових фахових виданнях України

1. О. В. Андрієнко, М. С. Мельниченко, С. Б. Сидоренко, і А. І. Кузьмичев, «Моделювання високовольтного іонного діода з дровим катодом при атмосферному тиску азоту», Мікросист., Електрон. та Акуст., т. 26, вип. 1, с. 218015–1, Квіт 2021. Внесок: створення моделі, проведення розрахунку, написання тексту статті.
2. О. В. Андрієнко, С. Б. Сидоренко, С. О. Майкут, Л. Ю. Цибульський, і А. І. Кузьмичев, «Моделювання тліючого розряду в коаксіальній системі електродів», Мікросист., Електрон. та Акуст., т. 29, вип. 3, с. 309513.1–309513.7, Жов 2024. Внесок: створення моделі, проведення розрахунку, написання тексту статті.
3. О. В. Андрієнко, «Узагальнена модель тліючого розряду на основі тригонометричного базиса», Технології та інжиніринг, т. 25, вип. 4, с. 9-18 (2024).
4. О. В. Андрієнко, Л. Ю. Цибульський, «Моделювання протікання газу через перфоровану трубку в коаксіальній розрядній системі», Технології та інжиніринг, т. 25, вип. 5, с. 60-67 (2024). Внесок: проведення розрахунку, написання тексту статті.
5. О. В. Андрієнко, «Дослідження параметрів тліючого розряду в коаксіальній системі електродів з тонким катодом»

Доповідей та тез на наукових конференціях

6. Andrienko, I. Berezhnyi, A. Kuzmichev and S. Sydorenko, "Indication of the Critical Electromagnetic Field Strength in Microwave Processing Technologies," 2024 IEEE 7th International Conference on Smart Technologies in Power Engineering and Electronics (STEE), Kyiv, Ukraine, 2024, pp. TT3.09.1-TT3.09.5 Внесок: проведення моделювання, підготовка матеріалу.
7. O. D. Volpian, R. V. Dronsky, Yu. A. Obod, A. I. Kuzmichev, O. V. Andrienko and K. V. Alybin, Plasma and photon technologies against bio-factors, dangerous to human being, 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2144 012030 Внесок: формальний аналіз, валідація, методологія.

8. О. В. Андрієнко, І. М. Дрозд, і А. І. Кузьмичев, «Генератор озону на коронному розряді з дрововим катодом» на IV Міжнародної наук.-практ. конференції —Прикладні науково-технічні дослідження, 1-3 квітня 2020 р., м. Івано-Франківськ. Опубліковані тези доклада: Том 1, с.121-122. Внесок: проведення експерименту, написання тексту.

9. О. В. Андрієнко, Є. К. Павшук, С. Б. Сидоренко, «Дослідження впливу геометрії високовольного іонного діода на характеристики розряду у азоті», III INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «Collective Thinking: Unifying Scientific Approaches in Multifaceted Research», November 29 – December 01, 2023, Amsterdam, Netherlands Внесок: створення моделі, проведення розрахунку.

10. О. В. Андрієнко, Моделювання плазмового розряду в довгих трубках малого діаметру у середовищі «comsol» з використанням модуля «ПЛАЗМА», 2nd International Scientific and Practical Internet Conference "Scientific Research and Innovation" devoted to modern achievements in science, April 3-4, 2023.

Якість та кількість публікацій відповідають “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.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Андрієнко О.В. “Довгомірна плазмова система малого діаметру з тліючим розрядом низького тиску”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 17-Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171-Електроніка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Електроніка зі спеціальності 171 Електроніка

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “ Довгомірна плазмова система малого діаметру з тліючим розрядом низького тиску”, подану Андрієнко О.В. на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

Д.т.н., професор., професор кафедри електронних пристроїв та систем, КПІ ім. Ігоря Сікорського Мельник Ігор Віталійович.

Члени:

Рецензент:

К.т.н., доцент, доцент кафедри електронних пристроїв та систем, КПІ ім. Ігоря Сікорського Тугай Сергій Борисович.

Офіційні опоненти:

1. Д.ф.м.н. професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу плазмових процесів і технологій Інституту газу НАН України Жовтянський Віктор Андрійович;

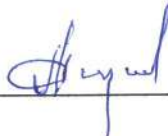
2. К.ф.м.н., старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу фізики плазми та плазмових технологій, Київського Інституту Ядерних Досліджень НАН України Порицький Павло Віталійович;

3. К.т.н. старший дослідник, старший науковий співробітник відділу електроживлення технологічних систем, Інституту електродинаміки НАН України Вінниченко Дмитро Валерійович.

Головуючий на засіданні
д.т.н., професор, завідувач кафедри
електронних пристроїв та систем,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

 Євген ВЕРБИЦЬКИЙ

Вчений секретар
кафедри електронних
пристроїв та систем

 Андрій СОКОЛОВ