

ВІДГУК

Офіційного опонента доктора фізико-математичних наук, професора
Лазурика Валентина Тимофійовича
на дисертаційну роботу Романовського Сергія Костянтиновича
**«Оптичні методи контролю радіаційно-технологічних процесів на
прискорювачах електронів»,**
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів елементів і систем.

Актуальність теми дисертаційної роботи

Протягом останніх десятиліть у світі спостерігається зростання обсягу промислової продукції, виробництво якої включає дію радіацією. Сучасні радіаційні технології з використанням прискорювачів електронів відносяться до процесів високого ступеня відповідальності, які регламентуються міжнародними стандартами. Однією з їх основних вимог є моніторинг і контроль критичних параметрів процесу, в першу чергу, поглинутої дози випромінювання в продукції, що оброблюється. Питанням розвитку промислової дозиметрії постійно приділяється увага на координаційних нарадах МАГАТЕ. Розвиток та використання оптичних методів контролю за розподілом поглинутої дози на поверхні радіаційно-оброблюваного об'єкта безсумнівно може підвищити інформативність поточних вимірювань та забезпечити за потреби оперативне коригування в on-line режимі основних параметрів обробки (енергії прискорених електронів, середнього струму пучка, розподілу щільності потоку електронів на поверхні об'єкта та швидкості його переміщення через зону опромінення).

Актуальність дисертаційної роботи підтверджує її виконання в межах тематичних планів НДК «Прискорювач» ННЦ «ХФТІ» НАН України за 2011-2020 рр., зокрема:

«Розробка нових та модернізація існуючих лінійних прискорювачів та розвиток радіаційних і ядерних технологій для медицини та промисловості». Шифр роботи – III-1-11 (НДК «Прискорювач») 2011-2015 р.

«Дослідження методів формування і прискорення пучків заряджених частинок та радіаційних і ядерних процесів при взаємодії заряджених частинок з речовиною та структурами». Шифр роботи – III-1-16 (НДК «Прискорювач») 2016-2020 р.

«Розробка камери опромінювання для дослідження корозії матеріалів у надкритичній водній конвекційній петлі під навантаженням та її тестування на стенді». Шифр теми – ЦВ-2-35 від 08.2018р.

Безумовно актуальним є розробка оптичного методу контролю режиму радіаційних випробувань щодо корозії матеріалів у надкритичній водній конвекційній петлі, які виконувались в межах програми розробки нового типу ядерних реакторів з охолодженням водою у надкритичному стані.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих в дисертаційній роботі Романовського С.К., є достатньо високою, оскільки базується на результатах аналізу сучасних наукових джерел за даною проблемою та використанням сучасних методів досліджень, а саме:

методів математичної фізики для аналізу закономірностей формування катодоліумінісцентного (КЛ) сигналу в аморфному діелектрику;

комп'ютерного моделювання методом Монте-Карло процесів взаємодії електронного випромінювання з речовиною;

методів геометричної оптики для розрахунку тракту дистанційної реєстрації оптичного випромінювання, що збуджується пучком електронів;

оптичних методів вимірювань для реєстрації сигналів КЛ і теплового випромінювання малої інтенсивності;

методів цифрової обробки зображень;

методів математичної статистики та обробки експериментальних даних.

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів забезпечується:

зіставленням і узгодженням результатів, отриманих з використанням різних методів дослідження;

використанням сертифікованих методів вимірювань;

використанням засобів вимірювальної техніки, які пройшли державну перевірку та калібрування;

забезпеченням простежуваності дозиметричних вимірювань;

публікаціями основних результатів роботи в фахових виданнях;

апробацією результатів роботи на профільних міжнародних конференціях і семінарах.

Наукова новизна отриманих результатів.

Основні результати дисертаційної роботи є оригінальними і отримані вперше. Серед важливих наукових результатів слід виділити наступні:

- запропоновано аналітичні вирази для опису механізмів випромінювання та умов застосування сигналу катодоліумінісценції для діагностики режиму радіаційної обробки технічних діелектричних матеріалів;

- встановлено та експериментально підтверджено лінійну залежність між інтенсивністю сигналу КЛ і величиною потужності поглинутої дози електронного випромінювання для ряду поширених технічних матеріалів;

- розроблено метод контролю розподілу щільності потоку високоенергетичних електронів і потужності поглинутої дози на поверхні оброблюваного об'єкта в режимі реального часу.

Практичне значення результатів дисертації.

В роботі досліджено механізм і основні закономірності генерації оптичного випромінювання при дії високоенергетичного імпульсного пучка електронів мікросекундного діапазону на аморфні діелектрики, у тому числі, матеріали, які широко використовуються у радіаційних технологіях.

Показана можливість і запропоновані технічні рішення щодо створення апаратного комплексу з використанням сигналу КЛ для безконтактної діагностики в on-line режимі критичних параметрів радіаційної обробки продукції, зокрема стерилізації медичних виробів, на прискорювачі електронів.

Розроблено та впроваджено приладовий комплекс для дистанційного on-line вимірювання температури зразків матеріалів, на яких діє потік електронів великої потужності в умовах, що відповідають експлуатаційним характеристикам перспективного ядерного реактора з охолодженням водою в надкритичному стані.

Повнота викладення результатів роботи в наукових працях.

Основні положення результатів досліджень повною мірою опубліковані у 15 наукових працях, з них 6 статей у фахових виданнях України, в т.ч. 3 статті в журналах, що індексуються науково-метричною базою Scopus, та 9 тезах доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах. Можна вважати, що результати дисертаційної роботи апробовані та опубліковані в достатній мірі.

Аналіз основного змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота в цілому логічно побудована і структурована за розділами. Вона складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатку. Загальний обсяг дисертації становить 144 сторінки, в т.ч. 65 рисунка, 6 таблиць, 1 додаток, список використаних джерел з 85 найменувань на 8 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету і задачі досліджень, сформульовано наукову новизну і практичне значення результатів, надано інформацію щодо їх апробації і публікацій.

Перший розділ присвячений огляду видів катодолюмінісценції та особливостей її застосування в діагностиці пучків, космічних дослідженнях і в твердотільній дозиметрії. Розглянуто методи контролю режимів обробки, що застосовуються на промислових прискорювачах електронів, включаючи промислову дозиметрію, а також пірометрію об'єктів, що нагріваються пучком високоенергетичних електронів.

У другому розділі розглянуті механізми некогерентної КЛ аморфних діелектриків під впливом прискорених електронів. Аналіз процесів, що відбуваються при дії імпульсного електронного випромінювання високої потужності на аморфні діелектрики, які широко використовуються в радіаційно-технологічних процесах, показав, що інтенсивність катодолюмінісценції, яка супроводжує такі процеси, визначається, головним чином, її миттєвим компонентом, Останній залежить від наведеної

опромінюванням концентрації нерівноважних електронів у зоні провідності, а також концентрації глибоких пасток у забороненій зоні та швидкості їх заповнення електронами з зони провідності. Запропоновано аналітичні вирази для опису механізмів випромінювання та умов, що дозволяють за інтенсивністю КЛ визначати в режимі реального часу розподіл щільності струму сканованого пучка електронів, а також потужність та величину поглинутої дози на поверхні об'єкта, що опромінюється.

Третій розділ присвячений експериментальному дослідженню КЛ, збудженої імпульсним пучком електронів. Для ряду поширених технічних матеріалів експериментально підтверджено лінійну залежність між інтенсивністю сигналу КЛ і величиною потужності поглинутої дози електронного випромінювання. Проведено експериментальне дослідження залежності інтенсивності сигналу люмінесценції від струму пучка, енергії електронів і товщини КЛ радіатора. Описані розроблені методика та набір технічних засобів для визначення в on-line режимі розподілу поглинутої дози на поверхні об'єкта, який оброблюється високоенергетичним сканованим пучком електронів великої потужності.

У четвертому розділі наведено результати дослідження умов застосування КЛ для юстирування вихідних пристроїв прискорювачів електронів з використанням візуалізованого профілю потоку частинок на об'єкті, що опромінюється. Розглянуто особливості КЛ аналізу режиму радіаційної обробки та місце метода в технологічній дозиметрії. Проведено також аналіз чинників, що визначають похибки вимірювань інтенсивності сигналу КЛ, та вказані шляхи щодо їх мінімізації.

П'ятий розділ присвячений питанням розробки та застосування пірометричної системи для дистанційного вимірювання температури радіаційно-оброблюваних об'єктів. Описаний процес калібрування оптичного вимірювального каналу. Під час експерименту з опромінювання надкритичної водяної петлі у сталому температурному режимі було визначено профіль температури на поверхні ділянки петлі, що знаходиться під прямою дією сканованого пучка електронів.

Загальні висновки дисертації у цілому відповідають поставленим завданням, змісту проведених досліджень і тексту роботи.

Список використаних джерел включає 85 посилань, які достатньо повно охоплюють сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації з напрямку досліджень, а також здобутки автора.

У додатку наведено перелік публікацій дисертанта.

Зміст роботи та послідовність викладення матеріалу відповідають меті, задачам та структурі досліджень. Дисертація написана грамотною технічною мовою у відповідності до прийнятої термінології, в достатній мірі проілюстрована та оформлена у відповідності до існуючих вимог. Повнота викладу всіх етапів дослідження, виконаних згідно поставлених задач, дає вичерпне уявлення про використані методи та одержані результати. Зміст автореферату по суті та за структурою відповідає тексту дисертації.

По тексту дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. В розділі 3 наведено порівняння даних з отриманих експериментально залежностей поглинутої дози від середнього струму пучка електронів (див. рис. 3.25 на с.98) з використанням різних дозиметричних систем, але не зроблено висновків з цих результатів.

2. Аналіз джерел похибок при вимірюванні сигналу КЛ у розділі 4 (див. с.115) бажано було б виділити в окремий підрозділ.

3. Є зауваження стилістичного характеру. У автора в тексті зустрічаються великі складно побудовані речення, які можна було б спростити.

4. В роботі також наявні технічні недоліки – друкарські помилки, неповний перелік скорочень, російськомовні або англкомовні написи на деяких рисунках.

Втім ці зауваження, в основному, носять рекомендаційний характер для подальшого розвитку досліджень і не впливають на загальне позитивне враження від роботи, виконаної в цілому на високому науково-дослідницькому рівні.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Романовського Сергія Костянтиновича «Оптичні методи контролю радіаційно-технологічних процесів на прискорювачах електронів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливе наукове завдання. Останнє полягає у визначенні основних характеристик оптичного випромінювання, що супроводжує дію пучків прискорених електронів на аморфні діелектрики, в тому числі, технічні матеріали, а також теплового випромінювання зразків в процесі їх радіаційних випробувань. Одержані в роботі результати складають основу розвитку методів і засобів дистанційного моніторингу критичних параметрів радіаційних процесів з метою їх імплементації в системи контролю технологічних і дослідницьких установок з прискорювачами електронів. Дисертаційна робота відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів” щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Романовський С.К. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів елементів і систем.

Офіційний опонент
декан факультету комп'ютерних наук,
Харківського Національного університету
імені В. Н. Каразіна,
доктор фізико-математичних наук, професор

Валентин Лазурик

Підпис ЗАСВІДЧУЮ

