

ВІДГУК

Офіційного опонента доктора фізико-математичних наук,
старшого наукового співробітника Одаренка Євгена Миколайовича
на дисертаційну роботу Лихачова Олександра Олександровича
“Спектральні характеристики та стабільність випромінювання клинотронів
міліметрового та субміліметрового діапазонів з урахуванням особливостей
процесів енергообміну”

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань
10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – фізика та астрономія

1. Актуальність теми виконаної роботи та зв'язок із науковими програмами, планами, темами

У дисертаційній роботі Лихачова О.О. проведено розробку генераторних комплексів електромагнітного випромінювання міліметрового та субміліметрового діапазонів, що базуються на приладі типу клинотрон, та досліджено спектр та стабільність випромінювання. Достатньо значну кількість сучасних публікацій присвячено використанню випромінювання зазначених діапазонів у різноманітних практичних та фундаментальних задачах. Слід зазначити, що задачі, пов'язані з середовищами, які мають значний коефіцієнт поглинання, потребують рівні потужності, що перевищують можливості сучасних напівпровідникових генераторів. З іншого боку у методах спектроскопії з динамічною поляризацією ядр використовуються гіротрони, що мають значно вищі рівні вихідної потужності за необхідні значення, що, в свою чергу, значно збільшує розміри системи. Крім того, гіротрони є резонансними приладами з достатньо вузьким діапазоном перестроювання частоти. У дисертаційній роботі Лихачова О. О. досліджено клинотрони, що мають компактні розміри та середні рівні вихідної потужності, які є достатніми для багатьох практичних застосувань. Характерна для приладів черенковського типу ширина діапазону

електронного перестроювання частоти клинотронів також позитивно впливає на практичну значущість досліджень. Тому запропоноване дослідження має цілеспрямований та систематизований характер щодо розв'язання низки проблем наукового та практичного спрямування.

Актуальність роботи підтверджується також тим, що обраний напрям дисертаційного дослідження пов'язаний з виконанням низки програм та науково-дослідних тем: «Генерація, посилення, детектування та розповсюдження терагерцевого випромінювання; електродинамічне моделювання та експеримент»(0117U004034); «Розробка нових методів і засобів отримання інформації про фізичні характеристики природних середовищ, їх структурних неоднорідностей, поверхонь розподілу та окремих об'єктів за даними дистанційного зондування і радіолокації» (0118U003035), «Нові теоретичні та експериментальні методи в електродинамічному моделюванні, генерації та випромінюванні електромагнітних хвиль гігагерцевого та терагерцевого діапазонів частот» (0120U100980).

Наведене вище дає підстави стверджувати, що дисертаційна робота є актуальною, відповідає сучасним запитам і потребам природничих наук і стосується актуальних проблем науки і практики.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації

Аналіз змісту дисертації, а також публікацій за темою є підставою для висновку про наукову обґрунтованість і достовірність викладених у роботі результатів, що забезпечуються як використанням класичних методів експериментальних досліджень параметрів випромінювання міліметрового та субміліметрового діапазонів, так і теоретичними результатами, отриманих за допомогою апробованих чисельних методів.

3. Значення для науки й практики отриманих результатів

Дисертація містить нові, раніше не захищені наукові положення. Серед них можна виділити такі:

- В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень було вперше встановлено необхідний рівень стабільності напруги високовольтного живлення, за якого впливом пульсацій прискорювальної напруги на параметри випромінювання можна знехтувати порівняно з впливом інших ефектів, що пов'язані з шумами електронного пучка.
- З урахуванням резонансних властивостей електродинамічних систем було проведено моделювання електронно-хвильової взаємодії та отримано спектральні характеристики випромінювання клинотронів мм та субмм діапазонів у відповідності до залежності частоти генерації від прискорювальної напруги.
- Завдяки розробленій системі живлення клинотронів міліметрового та субміліметрового діапазонів вперше реалізовано два режими модуляції частоти випромінювання, які являють собою як ступінчасте перестроювання частоти шляхом переходу між відокремленими зонами генерації так і безперервну зміну частоти у межах окремої зони.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає у тому, що результати дослідження впливу процесу енергообміну на спектральні характеристики та частотні параметри випромінювання можна використовувати для подальшої модифікації генераторних систем на основі клинотронів з метою покращення характеристик випромінювання та реалізації додаткових можливостей, що дозволить розширити галузі практичного застосування.

4. Оцінка змісту дисертації та її завершеність

Підхід до структурування змісту роботи є логічним та методологічно вірним. Робота складається з анотацій, списку публікацій дисертанта, вступу, чотирьох розділів із відповідними висновками до кожного з них,

узагальнюючих висновків, та списку використаних джерел. Зміст роботи викладено на 141 сторінці тексту, список використаних джерел складається з 107 найменувань

У вступі дисертації обґрунтовано вибір теми наукового дослідження, визначено об'єкт, предмет та мету дослідження, його завдання. У *першому розділі* дисертації висвітлено основні проблеми дослідження вакуумних приладів терагерцового діапазону, схарактеризовано ключові аспекти пов'язані з його проведенням. *Другий розділ* дисертації присвячено дослідженню процесів формування інтенсивного стрічкового потоку електронів у гарматі клинотрона та транспортування сформованого пучка у магнітному полі. У проведених теоретичних дослідженнях руху стрічкового пучка електронів досліджено вплив як пульсацій прискорювальної напруги на розкид поздовжніх швидкостей електронів пучка. У дослідженнях впливу пульсацій прискорювальної напруги на процеси енергообміну у клинотроні розглянуто питання формування високовольтного живлення та стабілізації параметрів випромінювання, що реалізовано завдяки впровадженню додаткових кіл зворотного зв'язку. У *третьому розділі* приділено увагу дослідженню спектральних характеристик клинотронів міліметрового та субміліметрового діапазонів. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень було проаналізовано спектри випромінювання клинотрону з урахуванням резонансних властивостей електродинамічних систем клинотронів, які у субміліметровому діапазоні значною мірою обумовлюються відбиттям та трансформацією хвиль, а у випадку приладів міліметрового діапазону – відбиттям поверхневої хвилі від границь гребінки. *Четвертий розділ* присвячено методам модуляції частоти для впровадження у описану в попередніх розділах генераторну систему на основі клинотрону, що дозволяє реалізувати безперервну модуляцію у межах окремих зон генерації та ступеневу в усьому діапазоні електронного перестроювання частоти.

Одержані результати достатньо повно представлено у висновках до розділів та узагальнюючих висновках.

Таким чином, обсяг і зміст дисертації свідчать про ретельне вивчення проблеми дослідження.

5. Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях

Основні результати, наукові положення та висновки дисертаційного дослідження опубліковано у 9 наукових публікаціях, серед яких 5 у наукових статтях, з яких 4 індексуються в міжнародних наукометричних базах даних Web of Science та Scopus і одна стаття опубліковано у фаховому науковому виданні України, а також у 4 збірниках матеріалів доповідей на міжнародних наукових конференціях.

6. Дотримання академічної доброчесності, відповідність анотації основним положенням дисертації

Текст дисертаційної роботи, стиль подання матеріалів дає підстави стверджувати, що дослідження виконано з дотриманням загальних вимог до академічної доброчесності. Список використаних джерел на наукові праці та інші інформаційні джерела оформлено відповідним чином. Зміст анотації не містить інформацію, яка була б відсутньою у тексті дисертації. В роботі Лихачова О.О. не виявлено ознак академічного плагіату, фальсифікації, фабрикації, компіляції тощо.

7. Дискусійні положення та зауваження до змісту роботи

Позитивно оцінюючи дисертаційне дослідження, слід зазначити, що робота не є вільною від певних недоліків :

1. Метою роботи вказано дослідження, що багато років не рекомендується ВАК та ДАК України, оскільки дослідження є засобом досягнення мети роботи.

2. На мій погляд, недостатньо уваги приділено аналізу фізичних процесів, що супроводжують електронно-хвильову взаємодію в клинотроні. Важливість дослідження закономірностей цих процесів значно зростає саме при переході в терагерцовий діапазон.

3. В роботі досить часто використовується поняття просторового заряду, але відсутній опис методики його урахування та основних параметрів.

4. У першому розділі здійснено аналіз спектральних параметрів різних типів генераторів, але не наведено чисельних даних, що б дозволило зробити порівняльний аналіз наглядним.

5. Формулювання основних результатів роботи мають переважно характер анотації.

Висловлені зауваження дещо погіршують враження від роботи, але принципово не впливають на загальний висновок про її науковий рівень та науково-практичну значущість.

8. Загальний висновок

Аналіз дисертаційного дослідження, його анотації та опублікованих праць за темою дисертації дозволяє зробити висновок, що дисертаційна робота на тему «Спектральні характеристики та стабільність випромінювання клинотронів міліметрового та субміліметрового діапазонів з урахуванням особливостей процесів енергообміну» є актуальним, цілісним, самостійним та завершеним науковим дослідженням, яке має наукову новизну, теоретичне та практичне значення, відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», п. 6 «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 року №44, а її автор – Лихачов Олександр Олександрович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та Астрономія».

Офіційний опонент:

професор кафедри фізичних основ
електронної техніки

Харківського національного університету

радіоелектроніки

доктор фізико-математичних наук

Євген ОДАРЕНКО

Підпис Одаренка Є.М. засвідчую

Проректор з наукової роботи



Михайло НЕОФІТНИЙ