

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Максименка Олександра Володимировича «Взаємодія гвинтових електронних пучків з електромагнітними полями в резонаторах гіротронів терагерцового діапазону»**, представлену на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.20 – фізика пучків заряджених частинок

Актуальність У фізиці пучків заряджених частинок одним із завдань є підвищення частоти існуючих вакуумних генераторів електромагнітного випромінювання. Це відкриває нові можливості для аналізу та спектроскопії речовин, обробки матеріалів, високошвидкісного зв'язку тощо. Також викликає особливий інтерес підвищення потужності та ефективності таких джерел. Одними з лідерів за цими параметрами є гіротрони. Нещодавно вони перетнули умовний бар'єр в 1 ТГц, що значно розширило область їх використання. Подальше збільшення частоти гіротронів вимагає пошуку їх альтернативних схем та режимів роботи. Зокрема, це викликано необхідністю забезпечувати надвисокі значення магнітних полів для більших частот, що стає занадто складною технологічною проблемою. Вирішенням проблеми досягнення високих частот може стати робота гіротронів на гармоніках циклотронної частоти. Це зменшує вимоги до зовнішнього магнітного поля, але загострює проблему конкуренції мод. Таким чином, терагерцові гіротрони вимагають ефективних методів селекції мод. З цією метою все частіше пропонується використовувати резонатори з різними видами неоднорідностей. Недоліками такого рішення є збільшення рівня конверсії мод. З підвищенням частоти зростають також омічні втрати. Сукупний вплив омічних втрат та конверсії мод на робочі параметри терагерцових гіротронів залишається невідомим. Тому вибраний здобувачем напрямок досліджень є на сьогоднішній день затребуваним для подальшого розвитку терагерцових гіротронів.

Дисертаційна робота Максименка О.В. присвячена проблемі взаємодії заряджених частинок з електромагнітними полями в резонаторах терагерцових гіротронів. Особливу увагу в роботі приділено визначенню впливу конверсії мод та омічних втрат на робочі параметри терагерцових гіротронів.

Тому, з моєї точки зору, актуальність теми дисертаційного дослідження Максименка Олександра Володимировича не викликає сумнівів.

Обґрунтованість і достовірність

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Максименка О.В. є високою. Вона базується на ретельному аналізі багатьох використаних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів досліджень, розумному співставленні результатів, критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників. В багатьох випадках, дисертант здобув відомі граничні результати, які отримані в роботах інших авторів.

При виконанні поставленої мети досліджень було коректно використано комплекс добре апробованих методів фізики пучків заряджених частинок, аналітичних методів теоретичної фізики та методів числового розв'язку систем звичайних диференціальних рівнянь.

Дисертаційна робота являє собою закінчений труд. Він поєднує огляд літератури з оригінальними результатами спрямованими на впровадження. Згідно з викладеним вище обґрунтованість наукових положень, висновки результатів дослідження і рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, на мій погляд не підлягають сумніву.

Значущість для науки і практики дисертаційної роботи, головним чином, обумовлена тим фактом, що в ній досліджено низку нових явищ, пов'язаних з конверсією мод у гіротроні FU CW III. Відзначу найважливіші з них.

1. Визначено, що конверсія мод відбувається в основному у моди TE поляризації з найближчим до робочої моди радіальним індексом. Це дозволяє спростувати обчислення конверсії та більш ефективно з нею боротись.

2. Встановлено, що конверсія мод призводить до утворення спіралеподібних структур електромагнітного поля у вихідному перерізі резонатора гіротрона. Інформація про точну структуру вихідного випромінювання необхідна для ефективного трансформування робочої моди до Гауссового пучка. Останній більш зручний у практичному використанні.

3. Визначено амплітуди коливань та низький рівень конверсії мод для значень магнітного поля між аксіальними резонансами. Цей результат важливий для режиму перебудови частоти гіротрона і може бути корисний у спектроскопії речовин.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

1. Виявлені в синусоїдально гофрованому резонаторі смуги непропускання дозволять підвищити селективність резонаторів терагерцових гіротронів та подолати конкуренцію мод.

2. Знайдені спіралеподібні структури вихідного випромінювання резонаторів терагерцових гіротронів дозволять підвищити ефективність їх конверторів та установок, частиною яких вони виступають.

3. Продемонстрована критична важливість точності обробки резонатора гіротрона з трансформацією мод дозволить подолати конкуренцію мод.

Як практично усі дисертації, цей дисертаційний матеріал теж має деякі недоліки. До їх числа можна віднести наступні:

1. В роботі зустрічається термін «самоузгоджено», який застосовується до пучка та омічних втрат. На мою думку, не вистачає пояснення цього терміну відносно омічних втрат.

2. У третьому розділі запропоновано два методи розрахунку холодних параметрів резонаторів гіротронів. Але проаналізована збіжність рішень лише одного з них.

3. У третьому розділі розроблено метод на основі розкладів поздовжніх компонент, хоча в самому методі розкладаються потенціали Герца.

4. У четвертому розділі при обчисленні стартового струму гіротрона з трансформацією мод не вказано як задавались амплітуди полів.

Ці недоліки дещо погіршують враження від роботи, але не зменшують значення здобутих в дисертації результатів.

Структура дисертації в повній мірі відповідає вимогам, які висуваються до кандидатських дисертаційних робіт. Мова і стиль подання матеріалу академічний і зрозумілий, пропозиції логічно побудовані, мають смислову завершеність, цілісність і зв'язність. Зміст дисертації послідовно відображає постановку завдань і їх розв'язання, а також інтерпретацію отриманих результатів. Автореферат повністю відображає зміст дисертаційної роботи. Основний зміст дисертації достатньо повно викладено у публікаціях автора та обговорено на міжнародних та національних конференціях. Основні результати дисертації викладені у 2 статтях, опублікованих в фахових виданнях, що включені до затвердженого списку МОН України та 4 статтях, опублікованих в закордонних наукових виданнях. 6 статей за темою дисертації індексуються в міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science. Тому дисертація є цілісною та завершеною роботою.

В цілому, дисертаційна робота Максименка О.В. являє собою завершене в цілому теоретичне дослідження, що виконане на високому науковому рівні та представляє як науковий, так і практичний інтерес. За своїм змістом дисертаційна робота повністю відповідає спеціальності 01.04.20 – «Фізика пучків заряджених частинок».

На підставі вищевикладеного можна стверджувати, що робота Максименка Олександра Володимировича «Взаємодія гвинтових електронних пучків з електромагнітним полями в резонаторах гіротронів терагерцового діапазону» за своєю актуальністю, ступенем новизни, значущості здобутих в ній результатів для науки і практики, а також за структурою і обсягом відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.20 – «Фізика пучків заряджених частинок».

Офіційний опонент
завідувач відділу
Нелінійної динаміки електронних систем
Інститут радіофізики та електроніки
ім. О.Я.Усикова НАН України
доктор фізико-математичних наук, професор



К.О. Лукін

Підпис д.ф-м.н., професора К.О. Лукіна засвідчую.

Т.в.о. ученого секретаря ІРЕ НАН України ім. О.Я. Усикова
к.ф-м.н.



С.С. Пономаренко