

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Олексієнко Галини Андріївни «Мультигармонічні взаємодії у плазмово-пучкових супергетеродинних лазерах на вільних електронах із гвинтовими електронними пучками», яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем

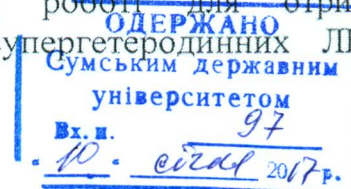
Актуальність обраної теми

Дисертаційна робота Олексієнко Г.А. присвячена одному з перспективних напрямків розвитку сучасної релятивістської НВЧ-електроніки – розроблення теорії потужних джерел електромагнітного випромінювання в міліметровому діапазоні лазерів на вільних електронах (ЛВЕ). Розв'язання такої сучасної проблеми насамперед пов'язано із застосуванням нових підходів та фізичних принципів до електронно-хвильових взаємодій, що досягаються завдяки плазмовому заповненню, новим типам накачок, введенням додаткових електричних та/або магнітних полів, використанню гвинтових електронних пучків та ін. Проте, незважаючи на досить вагомий теоретичний та експериментальний досвід із вивчення ЛВЕ, на сьогоднішній день ще немає повного уявлення про фізичні явища, що виникають за умови полігармонічних взаємодій з електронами-осциляторами у фокусуєчому магнітному полі. Більш того, застосування гвинтових електронних пучків у таких джерелах, може призвести до появи додаткових ефектів, таких як аномальний або нормальний ефект Доплера, циклотронний резонанс та ін. Відзначимо, що використання у плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ плазмово-пучкової нестійкості як додаткового механізму підсилення, дає ряд переваг порівняно із традиційними ЛВЕ, наприклад, менші габарити, більші інкременти зростання хвиль та ін. Дисертаційна робота, що рецензується, присвячена саме такій актуальній тематиці. Основна увага у роботі приділяється теоретичному дослідженню процесів вимушеного випромінювання електромагнітних хвиль гвинтовими електронними пучками у плазмово-пучкових супергетеродинних лазерах на вільних електронах з урахуванням мультигармонічних взаємодій.

Актуальність тематики проведених досліджень у дисертації також підтверджується тим, що вона є складовою частиною ряду держбюджетних НДР, які виконувалися Сумським державним університетом у рамках наукових програм Міністерства освіти і науки України. Все вищесказане дозволяє стверджувати, що рецензована робота, має суттєвий науковий та практичний інтерес, а її важливість і актуальність не викликає сумнівів.

Основні положення та висновки роботи, їх новизна, обґрунтованість та достовірність

Обґрунтованість наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі Олексієнко Г.А., базується на застосуванні адекватних теоретичних моделей, використанні математичного апарату апробованих методів теоретичної фізики. Так у дисертаційній роботі для отримання самоузгоджених теорій плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із



гвинтовими електронними пучками використовується обґрунтований метод усереднених характеристик, що здатний урахувати полігармонічні процеси. Застосування такого підходу дозволило з'ясувати їх вплив на характеристики підсилювання у плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками як доплертронного, так і Н-убітронного типу. Також у роботі були встановлені оптимальні режими взаємодії хвиль у досліджуваних системах та з'ясовані темпи, рівні та механізми насичення амплітуд полігармонічних хвиль. Частина теоретичних результатів дисертаційної роботи у граничних випадках узгоджуються з результатами, отриманими іншими авторами. Все зазначене дає підставу вважати отримані результати достовірними.

До найбільш важливих та нових результатів слід віднести такі:

1) уперше побудовано самоузгоджену теорію, що враховує електронно-хвильові полігармонічні взаємодії у плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками як для накачки із зворотною хвилею, так і для накачки з реверсивним магнітним полем. З'ясовано, що ці прилади за досить помірних вимогах до параметрів електронних пучків, здатні формувати потужну електромагнітну хвилю в міліметровому діапазоні;

2) уперше встановлено, що у плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими релятивістськими електронними пучками темпи підсилення електромагнітних хвиль суттєво зростають за умови збільшення кута вльоту релятивістського електронного пучка. Завдяки цьому можливе зменшення повздовжніх габаритів досліджуваних ЛВЕ. Цей ефект має релятивістський характер та пов'язаний зі зміною поздовжньої кінетичної енергії електронів;

3) для плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками як доплертронного, так і Н-убітронного типів визначені режими взаємодії хвиль, за яких коефіцієнти підсилення електромагнітних хвиль мають максимальні значення.

Значущість роботи для науки і практики визначається тим, що отримані результати можуть бути використані для розробки експериментальних зразків лазерів на вільних електронах з метою створення потужного когерентного електромагнітного випромінювання у мм-субмм діапазоні хвиль. Побудовані самоузгоджені теорії плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками з урахуванням квадратичної та кубічної нелінійності дозволяють визначити оптимальні режими електроно-хвильових взаємодій. Вони також можуть використовуватися для аналізу інших пристроїв плазмової НВЧ-електроніки, що використовують гвинтові релятивістські електронні пучки.

Зауваження щодо змісту дисертації

1) У дисертаційній роботі аналіз мультигармонічних взаємодій у плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками проводиться з точки зору хвильових взаємодій, у рамках гідродинамічного наближення. Електронні пучки тут моделюються як електроні хвилі.

Проте відомо, що гідродинамічний підхід не враховує такі нелінійні процеси як обгін одних електронів іншими, теплові ефекти у пучку та ін. Також корисно було б урахувати вплив розподілу електронів за енергіями на процеси полігармонічних взаємодій у плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками. На жаль, у дисертаційній роботі вищенаведені ефекти не розглянуті, хоча вони можуть мати вплив на фізичні процеси на різних стадіях взаємодії.

- 2) У розділі 3 та 4 відсутній аналіз динаміки електромагнітних хвиль у плазмово-пучкових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками за різних параметрів (концентрація електронів пучка, потужність накачки, індукція фокусуєчого магнітного поля, енергія пучків та ін.). Такий аналіз дозволив би визначити їх вплив на характеристики підсилувальні та визначити область їх оптимальних.
- 3) У роботі розглядається плазмово-пучкова нестійкість, яка розвивається за рахунок когерентного механізму електронно-хвильової взаємодії. Відомо, що така нестійкість здатна створювати турбулентний рух електронів та стохастичні коливання. У дисертації розвиток таких нестационарних мультигармонічних процесів не розглядається, хоча вони можуть призвести до нових та цікавих явищ із практичної та теоретичної точок зору.
- 4) У роботі використовуються невдалі комбінації слів, такі як: «кубически-нелинейная теория», «квадратично-нелинейная теория» и т.д., які слід розуміти як «теория с кубической нелинейностью», «теория с квадратичной нелинейностью». Хотілося би щоб подібний мовний сленг у таких роботах був відсутнім.

Також деякі висновки до окремих розділів подані у анотаційному вигляді.

Відповідність встановленим вимогам до кандидатських дисертацій. Перераховані недоліки, хоча і знижують загальне враження від дисертації, проте вони не торкаються основних положень та результатів, що виносяться до захисту. Вони насамперед відносяться до критики підходів, що використовуються в роботі для отримання окремих результатів та їх тлумачення. Основні результати дисертації викладено у 14 наукових працях, з яких 7 опубліковано у фахових вітчизняних та іноземних наукових журналах, 4 статей опубліковано у матеріалах конференцій, зокрема, з них 6 статей індексується наукометричною базою даних Scopus, 3 праці – тези доповідей. Аналіз публікацій дає підставу стверджувати, що всі основні положення дисертації в повній мірі опубліковано й апробовано на вітчизняних і міжнародних конференціях. Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації. Структура дисертації та автореферату в повній мірі відповідає вимогам, яким повинні задовольняти кандидатські дисертації.

На підставі викладеного вище можна стверджувати, що робота Олексієнко Г.А. «Мультигармонічні взаємодії у плазмово-пучкових супергетеродинних лазерах на вільних електронах із гвинтовими

електронними пучками» за актуальністю, ступенем новизни, значимістю для науки і практики, а також за структурою і об'ємом відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує на присвоєння їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри фізики НВЧ
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна



О.О. Шматько

Підпис доктора фізико-математичних наук, професора,
професора кафедри фізики НВЧ
Шматька О.О. засвідчую:
Учений секретар
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна, канд. політ. наук, доцент



Н.А. Вінникова

«04» січня 2017 р.