

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Волка Юрія Юрійовича

«Мультигармонічні двопотокові супергетеродинні ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками»,

яка подана на здобуття наукового ступеня

кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем

Актуальність теми

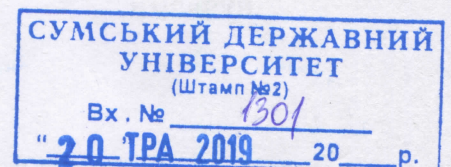
До одного з найважливіших та перспективних напрямків сучасної релятивістської електроніки відноситься створення джерел потужного електромагнітного випромінювання в міліметровому-інфрачервоному діапазоні довжин хвиль. Серед низки пристроїв цього діапазону увага дослідників приділяється супергетеродинним лазерам на вільних електронах (ЛВЕ), завдяки таким особливостям, як високі підсилювальні властивості і відносно невеликі габарити. Сучасний стан досліджень у області свідчить про те, що використання гвинтових релятивістських електронних пучків (РЕП) у приладах сильнострумової релятивістської електроніки істотно впливає на їх характеристики. Таким чином, дослідження мультигармонічних процесів, що впливають на динаміку формування потужної мультигармонічної хвилі у двопотокових супергетеродинних ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками є важливою та актуальною задачею. Про актуальність роботи також свідчить те, що матеріали дисертації пов'язані з виконанням ряду держбюджетних тем Сумського державного університету.

Достовірність результатів та ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність результатів, представлених у дисертаційній роботі та обґрунтованість основних наукових положень, що виносяться на захист, обумовлена використанням у теоретичних моделях класичних рівнянь Максвелла та квазігідродинамічного рівняння поспіль з апробованим апаратом методу усереднених характеристик. Числове розв'язання рівнянь проводилося за допомогою стандартних чисельних та чисельно-аналітичних методів. Усе вищевикладене визначає достовірність та обґрунтованість результатів, викладених у дисертаційній роботі.

Характеристика та наукова новизна дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Волка Ю. Ю. складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. У першому розділі в рамках літературного огляду проаналізовано сучасний стан досліджень двопотокових супергетеродинних ЛВЕ, здатних формувати потужну електромагнітну хвилю в міліметровому-інфрачервоному діапазоні довжин хвиль. З'ясовано, що використання гвинтових РЕП і у мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ може дозволити підвищити ефективність їх роботи порівняно з тими, які використовують прямолінійні РЕП. Тут також проведено аналіз теоретичних підходів до вивчення динаміки хвиль у лазерах на вільних електронах з метою вибору найбільш оптимального.



У другому розділі розглянуто узагальнену схему мультигармонічного двопотокового супергетеродинного ЛВЕ клістронного типу з гвинтовими РЕП, проведено аналіз типів множинних трихвильових резонансних взаємодій, що мають місце у досліджуваному пристрої. З'ясовано, що одна група множинних взаємодій пов'язана з параметричними резонансами між гармоніками хвилі просторового заряду. Друга група множинних резонансних взаємодій обумовлена трихвильовими резонансами між гармоніками електромагнітної хвилі сигналу за умови, що перша гармоніка сигналу істотно більша за плазмову частоту пучка. Третя група множинних резонансних взаємодій реалізується між відповідними гармоніками мультигармонічних полів електромагнітної хвилі, магнітного поля накачування й хвилі просторового заряду.

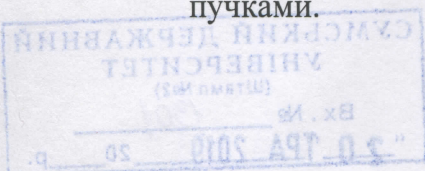
У третьому розділі проведено аналіз динаміки хвилі просторового заряду в пролітній секції мультигармонічного супергетеродинного ЛВЕ з гвинтовим РЕП в рамках кубічно-нелінійного наближення. З'ясовано вплив на рівні насичення та ширину спектра мультигармонічної ХПЗ параметрів досліджуваної системи. Продемонстровано, що збільшення середнього значення релятивістського фактора, середнього значення плазмової частоти і кута влітання пучка відносно фокусувального магнітного поля призводить до збільшення ширини частотного спектру мультигармонічної ХПЗ.

У четвертому розділі досліджено динаміку формування електромагнітних хвиль у мультигармонічних ДСЛВЕ Н-убітронного типу з гвинтовими електронними пучками. Показано, що використання гвинтових електронних пучків у таких приладах призводить до збільшення ширини частотного спектру мультигармонічної електромагнітної хвилі сигналу, зменшення довжини насичення, а отже і повздовжніх габаритів.

До найбільш суттєвих наукових результатів, що отримані у дисертаційній роботі, слід віднести наступні.

- Уперше запропоновано використовувати в мультигармонічних двопотокових супергетеродинних лазерах на вільних електронах гвинтові електронні пучки. З'ясовано, що використання гвинтових РЕП у таких пристроях дозволяє формувати потужні мультигармонічні електромагнітні хвилі з більш широким частотним спектром порівняно з пристроями, які використовують прямолінійні РЕП.
- Уперше одержано в кубічно-нелінійному наближенні самоузгоджену систему диференціальних рівнянь для амплітуд гармонік хвиль мультигармонічних двопотокових супергетеродинних лазерів на вільних електронах Н-убітронного типу з гвинтовими РЕП. Виявлено та враховано множинні взаємодії різного типу. Показано, що множинні взаємодії хвиль у таких системах є визначальними для формування електромагнітного сигналу з широким частотним спектром.
- Уперше показано, що використання мультигармонічного вхідного сигналу у мультигармонічних ДСЛВЕ з гвинтовими РЕП дозволяє більш ефективно формувати потужний мультигармонічний електромагнітний сигнал.

Таким чином, у дисертаційній роботі розв'язано важливу задачу формування потужних електромагнітних хвиль з широким частотним спектром у міліметровому-інфрачервоному діапазоні довжин хвиль двопотоковими супергетеродинними лазерами на вільних електронах з гвинтовими електронними пучками.



Практичне значення результатів дисертаційної роботи

В дисертаційній роботі розроблена самоузгоджена кубічно-нелінійна теорія мультигармонічних двопотокових супергетеродинних лазерів на вільних електронах з гвинтовими електронними пучками, що дозволяє досліджувати варіанти конкретних експериментальних конструкцій таких приладів. Підхід, у якому враховуються множинні взаємодії різного типу, що застосовується в дисертаційній роботі, може використовуватися для дослідження динаміки електромагнітних хвиль в ряді інших задач релятивістської плазмової електроніки. Побудована теорія дає змогу визначати оптимальні параметри пристроїв, що здатні формувати потужний електромагнітний сигнал з широким частотним спектром в міліметровому-інфрачервоному діапазоні довжин хвиль.

Повнота викладу змісту дисертації в опублікованих працях, апробація результатів

Основні результати дисертації викладено у 23 наукових працях, серед яких 5 статей – у виданнях, що індексуються наукометричними базами Scopus та/або Web of Science; 1 стаття – у наукових фахових виданнях України, 8 статей – у матеріалах міжнародних наукових конференцій, 7 з яких у виданнях, що індексуються наукометричними базами Scopus та/або Web of Science; 8 тез доповідей конференцій, 1 стаття у нефарховому виданні.

Опубліковані праці достатньо повно відображають зміст дисертаційної роботи. Результати досліджень, висновки і наукові положення, що виносяться на захист, були представлені на міжнародних наукових конференціях, та опубліковані у реферованих збірниках праць цих конференцій. Таким чином, апробація результатів дисертації виконана на високому рівні, а основні результати дисертаційної роботи добре відомі фахівцям.

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи

1) У першому розділі бракує кількісної інформації стосовно параметрів електронних пучків та систем накачування, що використовуються у супергетеродинних лазерах на вільних електронах.

2) Робота присвячена розгляду взаємодій у двопотокових супергетеродинних ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками з великою силою електричного струму (~6 кА). Проте, представлена модель нехтує власними електромагнітними полями, що можуть мати істотний вплив на досліджувані процеси.

3) У третьому розділі при аналізі формування мультигармонічної хвилі просторового заряду у слабкосигнальному наближенні нехтується вплив повільної і швидкої хвилі на процеси розвитку двохпотокової нестійкості. Слід було б показати чисельну оцінку або посилання на літературні джерела, де це виконувалося, для обґрунтування вищезгаданого припущення.

4) У четвертому розділі аналізується динаміка формування хвиль у мультигармонічному ДСЛВЕ-клістріоні Н-убітронного типу з гвинтовим електронним пучком. У досліджуваній моделі враховано лише поперечне ондуляторне поле, проте відомо, що у реальних конструкціях ондуляторів присутня також поздовжня компонента магнітного поля. Слід було б приділити увагу аналізу


впливу повздовжньої компоненти ондуляторного поля на мультигармонічні взаємодії хвиль у системі.

5) У дисертаційній роботі показано випадок використання мультигармонічного вхідного сигналу з вузьким частотним спектром (3 гармоніки). Так як це призводить до позитивних наслідків у досліджуваному приладі, було б доцільним провести дослідження впливу вхідного сигналу різного ступеня мультигармонічності на формування потужної мультигармонічної електромагнітної хвилі у двопотоковому супергетеродинному ЛВЕ.

Загальний висновок

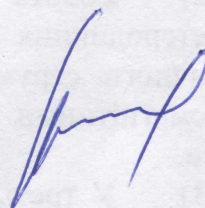
Враховуючи вищевикладене, вважаю, що дисертаційна робота Волка Ю. Ю. є завершеною науковою працею, у якій отримано нові наукові результати. Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи, результати досліджень повністю відображені в публікаціях. Таким чином, дисертаційна робота Волка Юрія Юрійовича «Мультигармонічні двопотокові супергетеродинні ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками» за актуальністю, новизною та практичною цінністю, обсягом і завершеністю виконаних досліджень задовольняє встановлені вимоги МОН щодо дисертацій на здобуття ступеня кандидата з фізико-математичних наук. За основними положеннями і змістом робота повністю відповідає спеціальності 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Кандидат фізико-математичних наук,
заступник завідувача відділу
ядерно-фізичних методів досліджень
Інституту прикладної фізики НАН України



О.М. Бугай

Підпис Бугая О.М.
кандидата фізико-математичних наук,
заступник завідувача відділу ядерно-фізичних
методів досліджень засвідчую
Вчений секретар
Інституту прикладної фізики НАН України
кандидат фізико-математичних наук



О.І.Ворошило