

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Острижного Євгенія Михайловича
«Електродинамічні властивості кіральних об'єктів зі штучною оптичною
активністю в мікрохвильовому діапазоні», подану на здобуття наукового
ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за
спеціальністю 104 – «Фізика та Астрономія»

Актуальність дослідження.

Дисертаційна робота Острижного Є.М. присвячена розробці компактних обертачів поляризації у круглому хвилеводі. Хвилевідні вузли такої функціональності відомі давно. Відомим прикладом такого обертача є пристрій, у якому пластина з анізотропного матеріалу, що має різні показники заломлення хвиль, поляризованих уздовж різних осей, розміщена у круглому хвилеводі. Якщо різниця ходу ортогонально поляризованих хвиль в хвилеводі з пластиною становить половину довжини хвилі і відповідно різниця фаз становить 180° , то відбувається поворот площини поляризації хвилі. Зрозуміло, що така конструкція має довжину у декілька довжин хвиль. Також дуже обмеженим є перелік існуючих анізотропних матеріалів.

Цих недоліків позбавлений розглянутий у дисертаційній роботі підхід, який використовує пари діафрагм або гофрованих фланців. Принцип роботи таких пристроїв базується на взаємодії ближніх полів, що виникають на кожній зі складових пристрою, тому такі пристрої функціонують, коли відстань між складовими значно менша за довжину хвилі. Наприклад, один із запропонованих у роботі обертачів має поздовжній розмір $\lambda/30$. Додатково ці пристрої дозволяють налаштовувати як потрібний кут обертання лінійної поляризації, так і задану частоту.

Наведені переваги визначають актуальність дослідження через постійно зростаючі вимоги до мініатюризації та розширення функціональності пристроїв антенної та хвилевідної техніки НВЧ.

Достовірність результатів роботи.

Достовірність результатів дисертаційної роботи базується на використанні строгих математичних методів моделювання та розрахунків. Результати були отримані за допомогою програмного забезпечення MWD, розробленого в лабораторії обчислювальної електродинаміки, яке використовує методи часткових областей і узагальнених матриць розсіяння. Додатково, основні результати підтверджено порівнянням з розрахунками, виконаними за допомогою пакета CST Microwave Studio для визначених тестових конструкцій, а також результатами експериментальних досліджень.

Наукова новизна результатів роботи.

Наукова новизна дисертаційної роботи Остижного Є.М. визначається наступним:

- 1) Вперше показано, що, незважаючи на відсутність поздовжньої симетрії, неоднорідності з дієдральною симетрією в круглому хвилеводі мають властивості симетричного двопортовика. А саме, мають 90-градусний зсув між фазами коефіцієнтів проходження і відбиття та характеризуються резонансами повного проходження.
- 2) Вперше показано, що найширша смуга штучної оптичної активності досягається в зоні зближення двох власних коливань. У випадку пари спряжених діафрагм з одним кільцем прямокутних щілин це дозволяє отримати смугу у 5-7% з майже повним перетворенням лінійної поляризації на кросполяризовану.
- 3) Вперше показано, що резонансі частоти і добротність резонансів пари спряжених діафрагм з одним кільцем прямокутних щілин істотно залежать від кількості щілин. Чим більше щілин, тим нижче резонансні частоти і тим більша добротність резонансів.
- 4) Вперше показано можливість отримання багаторезонансного ефекту штучної оптичної активності (ШОА) при розташуванні щілин в декількох кільцях спряжених діафрагм.

- 5) Знайдено конструкції серії надкомпактних обертачів площини поляризації в круглому хвилеводі, які можуть бути налаштовані на необхідний кут повороту. Найкраща конструкція має загальний поздовжній розмір $\lambda/30$ і дозволяє налаштовувати кут повороту площини поляризації в діапазоні $\pm 33^\circ$ при повороті однієї з діафрагм пристрою на кут у діапазоні $\pm 9^\circ$.
- 6) Запропоновано оригінальну конструкцію обертача площини поляризації, утвореного парою однакових, повернених один відносно іншого гофрованих фланців. Такий пристрій дозволяє перетворювати набіжну хвилю в кросполяризовану в смузі близько 5% із коефіцієнтом стоячої хвилі (КСХ) не гіршим за 1,2.
- 7) Запропоновано нову методику та розроблено експериментальний стенд для вивчення ефекту штучної оптичної активності (ШОА) неоднорідностей в круглому хвилеводі.

Структура і зміст дисертації.

Результати дисертаційної роботи повністю викладено у 12 публікаціях: у 4 наукових статтях у виданнях, що індексуються у міжнародній наукометричній базі даних Scopus, з яких 1 має квартиль Q1 і 2 — квартиль Q3, а також у 8 збірниках матеріалів доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Дисертація містить анотацію, вступ, 5 розділів, висновки, перелік використаних джерел та перелік публікацій автора.

У вступі обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульовано мету та завдання роботи, наведено стислу характеристику результатів, ступінь їх апробації та перелік публікацій.

Розділ 1 дисертаційної роботи містить огляд літератури і існуючих засобів та методів реалізації повороту площини поляризації.

Розділ 2 дисертації присвячено дослідженню компактних обертачів площини поляризації в круглому хвилеводі. Розглянуто кілька варіантів сполучення діафрагм. Доведено можливість конструювання регульованого

обертача площини поляризації у хвильоводах з обертальною симетрією.

Розділ 3 дисертації присвячений дослідженню впливу топології окремих компонентів планарно-кірального двошарового об'єкта, що складається з пари спряжених діафрагм з прямокутними щілинами у круглому хвильоводі, на його резонансні частоти, добротність резонансів та здатність обертати площину поляризації.

Розділ 4 дисертації присвячений обертачам площини поляризації, розташованим поза об'ємом лінії передачі. Їх робота ґрунтується на збудженні особливих («дієдральних») власних коливань у хвильоводному об'єкті, який утворюється, наприклад, двома фланцями, в яких вирізані отвори з обертальною симетрією. Показано, що у круглих і коаксіальних хвильоводах можлива механічна або електронна зміна площини поляризації через взаємний поворот фланців або розміщення керованих елементів в порожнині фланця.

Розділ 5 дисертації містить опис методики вимірювання електродинамічних властивостей обертачів поляризації, обґрунтуванню схеми вимірювань, методів усунення паразитних резонансів, що виникають у хвильовідному тракті при приєднанні круглого хвильовода з обертачем до стандартних хвильовідних вимірювальних елементів.

Практичне значення наукових результатів.

Дисертаційна робота спрямована на вирішення практичних завдань і має реальне застосування. Усі дослідження завершено прикладами реальних компактних пристроїв, які дозволяють обертати площину поляризації та можуть використовуватися у пристроях антенної і хвильовідної техніки НВЧ.

Відомості про дотримання академічної доброчесності.

У дисертаційній роботі та публікаціях Остижного Є.М. не виявлено неправомірних запозичень та ознак порушення академічної доброчесності.

Зауваження до дисертаційної роботи.

- 1) Згідно запропонованої експериментальної методики визначення площини поляризації досліджуваного поля відбувається вимірюванням поляризації поля, що випромінюється з розкриву круглого хвилеводу. Розкрив не є ідеально узгодженим, що може призвести до паразитних резонансів і похибок при визначенні резонансних частот. Можливо, слід було доопрацювати варіант з поглиначами шляхом підбору шарів поглинання для узгодження поглинача у круглому хвилеводі та визначення необхідного прохідного поглинання. Тим не менш, проведений експеримент дозволив продемонструвати наявність резонансів і ефект штучної оптичної активності, визначити кути повороту площини поляризації.
- 2) Пристрої, що досліджено у дисертаційній роботі, мають відносно вузькі робочі частотні смуги, їх ширина становить приблизно 5%. Для деяких практичних застосувань важливо було б дослідити можливість розширення смуги, наприклад, за допомогою більшої кількості діафрагм.
- 3) В тексті дисертаційної роботи є кілька друкарських помилок.

Зроблені зауваження не є принциповими і не впливають на загальну високу позитивну оцінку дисертації Остижного Є.М. Наведені зауваження не впливають на якість, наукову новизну та практичну значимість дисертації. Тому їх можна розглядати як побажання для подальших досліджень.

Висновок щодо відповідності нормам.

Вважаю, що дисертаційна робота Остижного Є.М. «Електродинамічні властивості кіральних об'єктів зі штучною оптичною активністю в мікрохвильовому діапазоні хвиль» є завершеною науковою працею, яка містить низку нових, актуальних і достовірних результатів, що свідчать про її складність, систематичність та важливе значення для розробки компактних обертачів площини

поляризації міліметрового і субміліметрового діапазонів довжин хвиль. Дисертація повністю відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (з наступними змінами) та «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 № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор, Острижний Євгеній Михайлович, заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та Астрономія».

Рецензент

кандидат фіз.-мат. наук,

с.н.с. відділу твердотільної електроніки

ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України



Михайло НАТАРОВ

Підпис М.П. Натарова засвідчую:

В. о. вченого секретаря

ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України

кандидат фіз.-мат.наук



Олена КРИВЕНКО