

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Кочетової Людмили Анатоліївни
"Частотно-селективні властивості нелінійних структур із сильною локалізацією
поля", яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізики-
математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізики

1. Актуальність теми

В останні роки значна увага приділяється розробці оптичних бістабільних пристройів, які є ключовими компонентами для побудови повністю оптичної комутації та оптичних логічних пристройів в інтегрованій фотоніці. В дисертації Кочетової Л. А. розв'язано важливу на сучасному етапі задачу радіофізики - розсіювання електромагнітних хвиль на дифракційних решітках з нелінійними діелектричними включеннями керровського типу нелінійності та показано можливість досягнення оптичної бістабільності в таких решітках. Зазвичай бістабільність спостерігається при великих значеннях інтенсивності поля, що падає, які важко досягти в твердотільних матеріалах.

В роботі чисельно демонструється, що низькоінтенсивна оптична бістабільність може спостерігатися за рахунок сильних нелінійних взаємодій в резонансній області електромагнітного поля, коли є наявність діелектричного матеріалу керровського типу нелінійності в решітках, при відносно невеликих значеннях інтенсивності поля, що падає, завдяки спеціально підібраних конструкцій об'ємних і планарних решіток. Автором вивчено саме: планарну решітку з асиметрично-розірваних кілець, яка розташована на підкладці з нелінійного діелектрика, подвійну планарну решітку типу fish-scale, яка розташована на підкладці з нелінійного діелектрика, решітку з металевих прямокутних брусів із однорідним заповненням щілин нелінійним діелектриком і решітку з ідеально провідних прямокутних брусів, коли щілини заповнено кусково-однорідним діелектриком із лінійним або нелінійним діелектричним дефектом. Показано, що взаємодія електромагнітного поля, що падає, з нелінійним діелектриком таких типів структур здійснюється в області сильного резонансу як для поля, що пройшло, так і для відбитого поля.

Дослідження бістабільних характеристик таких структур представляє актуальну тему для вивчення нелінійних властивостей структур із різних нелінійних матеріалів. Використання нелінійних матеріалів необхідно для керування електромагнітним полем фізичних процесів в системах передачі та обробки інформації інфрачервоного діапазону частот. Таким чином, тема дисертації є безсумнівно актуальною.

2. Загальна характеристика дисертації

Дисертація Кочетової Л. А. складається зі вступу, чотирьох розділів основного тексту, висновків і списку використаних джерел.

У **вступі** дисертантом сформульовано тему роботи, показано її актуальність і наукову новизну. В якості об'єкта дослідження автором розглянуто процеси взаємодії електромагнітного поля зі складними структурами, які містять нелінійні включення та предметом дослідження є бістабільні або мультістабільні властивості складних нелінійних структур.

У першому розділі представлено огляд наукової літератури за темою дисертації. Наведено історію розвитку з вивчення частотно-селективних властивостей періодичних метало-діелектрічних структур вченими харківської школи дифракції та зарубіжними дослідниками. Описано впровадження нелінійності керровського типу для таких структур і вплив нелінійності на їх властивості. Проведено аналіз сучасного стану питання для виконання досліджень в дисертації.

У другому розділі досліджено особливості проходження плоскої електромагнітної хвилі через решітку з асиметрично-розірваних кілець та через подвійну планарну решітку типу fish-scale, коли обидві типи решітки розташовано на підкладці з нелінійного діелектрика керровського типу. Також досліджено збудження дисипативних солітонів в планарній магнітооптичній хвилеводній системі.

У третьому розділі дисертації за допомогою методу часткових областей і методу матриці передачі отримано спектральні характеристики решітки з ідеально провідних прямокутних брусів із багатошаровим діелектричним заповненням щілин у багатомодовому режимі. Продемонстровано використання дефектного шару в заповненні щілин решітки в якості концентратора електромагнітного поля.

У четвертому розділі досліджено особливості проходження плоскої електромагнітної хвилі через щілину в ідеально провідному металевому екрані з заповненням нелінійним однорідним діелектриком керровського типу, через решітку з металевих брусів із заповненням щілин нелінійним діелектриком керровського типу та через решетку з ідеально провідних прямокутних брусів із нелінійним діелектричним дефектним шаром керровського типу нелінійності у багатошаровому діелектричному заповненні щілин.

3. Достовірність та наукова новизна отриманих результатів

В дисертації отримано цілий ряд нових наукових результатів. Автором роботи отримано нові дані, що характеризують електромагнітне поле в складних резонансних металодіелектричних періодичних структурах, властивості яких можуть перелаштовуватися під впливом інтенсивності поля, що падає, завдяки впровадженню нелінійних напівпровідникових або діелектричних матеріалів в структури. З'ясовано умови бістабільного/мультистабільного режиму роботи таких структур в інфрачервоному діапазоні.

Найбільш важливі з наукових результатів роботи полягають у наступному:

1) Отримано бістабільні залежності коефіцієнтів проходження планарної решітки на замкнених модах з асиметрично-розірваних кілець та подвійної планарної решітки типу fish-scale, коли обидва типи решіток розташовано на тонкій підкладці з нелінійного діелектрика керровського типу та показано бістабільний режим роботи решіток.

2) Отримано бістабільні залежності коефіцієнтів проходження на дефектній моді від інтенсивності поля, що падає, через решітку з ідеально провідних брусів коли щілини періодично заповнено N -шарами, а середній шар є нелінійний діелектричний дефектний шар в багатомодовому режимі.

4. Повнота викладу результатів в публікаціях

Результати дисертації в повній мірі опубліковано в 6 статтях міжнародних наукових видань, які входять до наукометричної бази даних Scopus. Також результати досліджень викладено у 11 тезах доповідей на міжнародних і українських конференціях. Результати роботи повністю відображені в зазначених роботах. Всі опубліковані наукові праці відображають тему дисертації. Зміст і основні положення, що наведені у авторефераті, відповідають тексту дисертації.

5. Науково-практична значимість отриманих результатів і можливі шляхи їхнього застосування

Результати та висновки, які наведено в дисертації, достовірні та обґрунтовані. Всі результати, що стосуються електродинамічних характеристик складних металодіелектричних структур, фізично віправдані і добре пояснені. Частина результатів роботи, що пов'язана з лінійними завданнями, порівнюється з відомими даними і має гарний збіг. Математичні моделі побудовані з використанням коректних, добре обґрунтованих, теоретичних методів.

Результати дисертації мають важливе практичне значення. В першу чергу для практики важливими є теоретичні підходи до розв'язання конкретних задач дифракції плоских електромагнітних хвиль на решітках з нелінійними елементами, які представлено в роботі. Розроблені теоретичні методи розв'язання задач дають можливість аналізувати характеристики складних періодичних структур близьких до реальних структур. В результаті проведеного в дисертації дослідження показано наявність різної перепускності структур в залежності від збільшення або зменшення інтенсивності поля, що падає. Це дає можливість обґрунтовано будувати нові конструкції керованих оптичних перемикачів і оптичних транзисторів з меншими габаритами та масою. У дисертації отримано нові дані для теорії хвильових процесів в нелінійних діелектриках, які потрібні для різних оцінок при розробці реальних пристрій. Виявлені фізичні особливості розсіювання електромагнітних хвиль і розроблені алгоритми становлять значний інтерес для використання в теоретичній радіофізиці. Решітки, які підтримують бістабільний/мультистабільний режим роботи, можуть використовуватися в інженерній техніці та приладобудуванні як важливі функціональні елементи, що забезпечують перемикання режимів роботи пристрій шляхом зміни інтенсивності поля, що падає.

6. Недоліки і зауваження

1. Всі результати, представлені в дисертації, отримано в результаті чисельного експерименту для нескінчених структур. Було б корисним порівняти отримані результати з результатами експерименту для плоских або об'ємних решіток з кінцевими розмірами.

2. У другому та четвертому розділах введено керровський тип нелінійності нелінійного матеріалу, коли значення діелектричної проникності нелінійного діелектрика залежить від значення його внутрішнього електричного поля. На мою думку, було би дуже цікаво дослідити випадок, коли значення магнітної проникності залежить від значення внутрішнього магнітного поля.

3. В підрозділах 4.1 і 4.2 роботи в якості нелінійного діелектричного матеріалу обрано арсенід галію. Можна було б доповнити отримані розрахунки

бістабільних залежностей коефіцієнта проходження структур з використанням інших нелінійних діелектриків, (наприклад антимонід індію або арсенід індію).

7. Висновок

Відмічені недоліки не заважають оцінити дисертацію в цілому як ґрунтове та сучасне дослідження, виконане в галузі радіофізики. Дисертаційна робота Кочетової Л. А. є завершеним дослідженням досить високого наукового рівня, що містить нові результати. В роботі вперше розв'язано нові важливі для теорії і практики лінійні та нелінійні задачі розсіювання електромагнітного поля на складних резонансних металодіелектричних структурах. Отримані результати визначають нові науково-обґрунтовані можливості використання бістабільних нелінійних структур в нелінійній електродинаміці й інтегрованій фотоніці.

Автореферат правильно відображає основний зміст дисертаційної роботи. Виклад матеріалу в дисертації відповідає сучасним вимогам, що пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор, Кочетова Людмила Анатоліївна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Офіційний опонент:

член-кореспондент НАН України,
доктор фізико-математичних наук,
професор, завідувач відділу радіоспектроскопії,
Інституту радіофізики та електроніки
імені О.Я. Усикова НАН України

С. І. Тарапов

Підпис

член-кореспондента НАН України,
доктора фізико-математичних наук,
професора, завідувача відділу радіоспектроскопії,
Інституту радіофізики та електроніки
імені О.Я. Усикова НАН України
Сергія Івановича Тарапова

10.12.2020

засвідчую:

Вчений секретар
Інституту радіофізики та електроніки
імені О.Я. Усикова НАН України,
кандидат фізико-математичних наук



I. Є. Почаніна