

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертацію В'юника Володимира Івановича "Методи координатної трансформації у створенні несингулярних анізотропних покриттів, що забезпечують невидимість і мімікрію", яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Актуальність теми. Питання поширення електромагнітних хвиль і можливості управління електродинамічними властивостями матеріалів актуальні протягом багатьох десятиліть. Це сприяло створенню та вивченню нового класу не існуючих в природі матеріалів – метаматеріалів, а також розвитку нового напрямку досліджень, де використовуються координатні трансформації для розрахунку структур з необхідними властивостями. Це часто називається трансформаційною оптикою. Використання методу координатних трансформацій стосовно метаматеріалів дозволило створювати структури з новими, часом незвичайними властивостями, до числа яких безумовно відносяться плащі невидимості – діелектричні анізотропні покриття, що забезпечують повне приховування об'єкта від зовнішнього спостерігача. Незважаючи на значний прогрес в розробці і створенні таких покриттів, до цього часу ще залишається багато невирішених питань.

Однією з проблем є сингулярність матеріальних параметрів, яка виникає на внутрішній границі плаща невидимості. Для вирішення цієї проблеми необхідно з'ясувати вплив схем та параметрів координатних перетворень на характеристики розсіювання плащів невидимості. Виявлені при цьому закономірності дозволять цілеспрямовано вирішувати практично важливі питання. Тому тема дисертації В'юника В.І. та розв'язані в ній задачі по систематичному вивченню закономірностей впливу схем та параметрів координатних перетворень на характеристики розсіювання електромагнітних хвиль пристроями невидимості роблять дану роботу високо актуальною. Другий аспект, з якого випливає актуальність теми дослідження В'юника В.І. пов'язаний з розробкою нового типу покриттів – плащів мімікрії, що забезпечують тілу, яке вони оточують, мімікрію під тіло певної, наперед заданої форми. При цьому плащі мімікрії – несингулярні, що відкриває реальні можливості для їх практичної реалізації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота В'юника В.І. відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України. Наукові дослідження В'юника В.І. виконувалися в рамках держбюджетних робіт Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (державні реєстраційні номери 0109U000551, 0112U001063 та 0116U000824), що вказує на актуальність досліджень, описаних в дисертації.

Наукова новизна одержаних результатів. Поставлена в роботі мета – встановлення в рамках координатної трансформації закономірностей впливу схем та параметрів координатних перетворень на характеристики розсіювання плащів невидимості представляє інтерес для вирішення проблеми сингуляр-

ності їх матеріальних параметрів та розробки пристроїв з новими фізичними властивостями. Вона актуальна та своєчасна і повністю досягнута.

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури з 104 найменувань.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, мету та завдання дослідження, відзначено новизну та практичну значимість отриманих результатів.

В першому розділі (огляд літератури) автор чітко виділив коло питань, які пов'язані з основними завданнями дисертації, і проаналізував сучасний стан досліджень в методі координатних перетворень для розробки плащів невидимості.

Другий розділ вміщує результати дослідження розсіювання від неідеального плаща невидимості та їх залежність від параметрів координатної трансформації.

У третьому розділі наведено результати розрахунку несингулярного плаща невидимості та результати перевірки його функціонування методом чисельного моделювання. Там же наведені результати розрахунків матеріальних параметрів чисельним методом шляхом рішення рівняння Лапласа-Пуассона.

Використовуючи висновки другого розділу, у четвертому розділі продемонстрована можливість створення плащів мімікрії та проводиться перевірка їх роботи.

П'ятий розділ вміщує результати дослідження залежності параметрів плаща невидимості, що розраховані методом чисельного моделювання, від значень функцій-джерел у рівнянні Пуассона.

Серед нових наукових результатів необхідно відзначити такі:

1. Вперше встановлено, що неідеальний несингулярний циліндричний плащ невидимості, одержаний шляхом координатної трансформації, що відображає кругову область меншого радіуса на кругову область більшого (внутрішню кругову область плаща), знижує величину розсіювання схованого об'єкта до величини розсіювання від ідеально провідного циліндра з радіусом, рівним радіусу кругової області, від якої здійснюється трансформація.
2. З використанням геометричної трансформації вперше показана можливість створення електромагнітних пристроїв нового типу – плащів мімікрії, які забезпечують покритому ними тілу мімікрію під тіло певної наперед заданої форми. При цьому доказано, що матеріальні параметри в плащах мімікрії мають несингулярний характер. Це відкриває можливості для фізичної реалізації таких пристроїв.
3. На основі односпрямованого несингулярного плаща невидимості запропонована схема його використання подібно до килима та показана можливість створення циліндричних плащів-килимів довільного перерізу.
4. Дуже цікавими є вперше одержані дисертантом дані щодо оцінки впливу значень функцій-джерел в рівнянні Пуассона при використанні чисельного методу розрахунку матеріальних параметрів, на можливість значного зниження величини розсіювання електромагнітної хвилі від плаща невидимості. При

цьому пошук таких значень проводився шляхом оптимізації з використанням генетичного алгоритму.

Науково-практична цінність роботи. Оцінюючи науково-практичне значення роботи В'юника В.І., необхідно відзначити два основних напрямки використання її результатів - розвиток методів управління розсіянням електромагнітних хвиль плащами невидимості через використання впливу функцій-джерел в рівнянні Пуассона на останнє і практична реалізація плащів невидимості та мімікрії розрахованих з використанням представленої в роботі методології. Одержані в роботі кількісні результати можна використати для оцінки продуктивності при експериментальному створенні неідеальних багаточарових покриттів, які забезпечують невидимість з однорідними величинами матеріальних параметрів у кожному шарі.

Обґрунтованість і достовірність результатів та висновків роботи. Дисертація В'юника В.І. виконана на високому науковому рівні з використанням сучасних методів: трансформаційної оптики, чисельного моделювання методом скінчених елементів, методів оптимізації. Достовірність результатів ґрунтується на строгому формулюванні задач, обчисленні величин компонент матеріальних параметрів з використанням методу трансформаційної оптики, який, в свою чергу, ґрунтується на інваріантності рівнянь Максвелла відносно координатних перетворень. Працездатність розрахованих структур підтверджується результатами проведених чисельних експериментів по розсіюванню електромагнітних хвиль з використанням методу скінчених елементів. Таким чином, наукові положення, тлумачення результатів та висновки дисертації є обґрунтованими і достовірними.

Зауваження та деякі питання до тексту дисертації та автореферату.

1. Дисертант, як це належить робити, в літературному огляді чітко окреслив коло питань та систематизовано проаналізував стан досліджень по використанню методів координатної трансформації для створення несингулярних плащів невидимості. Проте надто багато уваги приділено метаматеріалам. Оскільки проблеми метаматеріалів в дисертації не вирішувалися, то деякі конструктивні та фізичні деталі є зайвими.
2. Для оцінки ефективності несингулярних плащів і плащів мімікрії дисертантом використовувалися одержані ним сумарні величини розсіяння, діаграми розсіяння в дальній зоні та величини z -компоненти напруженості електричного поля в випадковим чином вибраних точках поблизу плаща. Чому пояснення ефективності роботи, представлі у третьому розділі плаща-ковра невидимості, носить якісний характер? Чи дозволяє якісне пояснення зробити висновки про створення циліндричних плащів-килимів довільного перерізу?
3. Як раніше відзначалося, у розділі 5 на підставі дослідження зв'язку між значеннями функцій-джерел та характеристиками плаща невидимості були одержані важливі результати. Проте, висновки з цього приводу до розділу сформульовані не чітко. Незрозуміло, чи є які-небудь обмеження та недоліки запропонованого підходу?

Загальні висновки. Зазначені вище зауваження не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи, яка є логічно завершеним науковим дослідженням. Основний зміст роботи повністю відображений у 5 наукових статтях, що опубліковані у вітчизняних та закордонних фахових журналах та пройшли апробацію на 5 наукових конференціях. Автореферат повністю відображає зміст дисертації. Матеріал дисертації викладено чіткою, стислою науковою мовою.

Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що за актуальністю та практичним значенням поставленої задачі, обсягом виконаних досліджень, новизною та науковим рівнем одержаних результатів, науково-практичною значимістю дисертація “Методи координатної трансформації у створенні несингулярних анізотропних покриттів що забезпечують невидимість і мімікрію” відповідає вимогам “Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника” (Постанова КМ України № 67 від 24 липня 2013 р.) та регламентуючим документам МОН України щодо кандидатських дисертацій, а її автор – В`юник Володимир Іванович - заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – Радіофізика.

Доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри фізики
Національного фармацевтичного
університету



Кокодій М.Г.



Кокодія М.Г.
Заступник ректора
з питань кадрової роботи
З.Ф. Податковий