

Облікова картка НДДКР

Державний обліковий номер: 0215U001159

Державний реєстраційний номер: 0112U000561

Відкрита

Дата реєстрації: 30-01-2015



1. Етапи виконання

Номер етапу: 1

Назва етапу: Електродинаміка шаруватих композитів з кіральними властивостями та багатофункціональних планарних систем

Початок етапу: 01-2012

Закінчення етапу: 12-2014

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

2. Виконавець

Назва організації: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Код ЄДРПОУ/ІПН: 02071205

Підпорядкованість: Міністерство освіти і науки України

Адреса: Україна, 61022, м. Харків, майдан Свободи, 4

Телефон: 705 12 48

Телефон: 705 12 49

E-mail: univer@karazin.ua

Інше: http:

Інше:

WWW: www.univer.kharkov.ua

Інше:

3. Власник результатів НДДКР (продукції)

Назва організації: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Код ЄДРПОУ/ІПН: 02071205

Адреса: майдан Свободи, 4, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61022, Україна

Підпорядкованість: Міністерство освіти і науки України

Телефон: 380577051247

E-mail: univer@karazin.ua

E-mail: rector@karazin.ua

WWW: http://www.univer.kharkov.ua/

4. Джерела та напрями фінансування

Підстава для проведення робіт: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

КПКВК: 2201020

Напрямок фінансування: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

Джерело фінансування: 7713 - кошти держбюджету

Фактичний обсяг фінансування за звітний етап: 673.8 тис. грн.

5. Науково-технічна робота

Назва роботи (укр)

Електродинаміка шаруватих композитів з кіральними властивостями та багатофункціональних планарних систем

Назва роботи (англ)

Electromagnetics of layered composites with chiral properties and multifunctional planar systems

Реферат (укр)

Об'єкт дослідження - фізичний процес формування полів розсіяння при взаємодії монохроматичного і/або імпульсного електромагнітного випромінювання локального чи нелокального джерел як з тонкими планарними двомірними періодичними структурами, так і обмеженою послідовністю складнокомпозиційних шарів, що мають, зокрема, кіральні властивості. Мета проекту полягає у вдосконаленні споживчих характеристик та збільшення конкурентоспроможності елементів керування у оптичному, інфрачервоному, сантиметровому та міліметровому діапазонах довжин хвиль, а також виявленні фізичних явищ щодо формування полів як тонкими планарними структурами, так і обмеженими послідовностями анізотропних, кіральних шарів за різних параметрів і геометрії структури та їх динаміки при варіаціях умов експлуатації. Дослідження у роботі проводились на основі псевдоспектрального метода часової області з відображенням сітки, метода додаткового диференціального рівняння і полюсної моделі дисперсії діелектричної проникності. Аналіз періодичних послідовностей проводився на основі метода теорії ланцюгів і матричних функцій. В роботі побудовано математичну модель фотонних кристалів на основі послідовності шарів кірального середовища, що враховує ефекти невзаємності та можливий ефект chiral-nihility середовища. Побудовано математичну модель метаповерхонь оптичного діапазону, що підтримують високодобротні резонанси на замкненій моді. Вперше показана можливість створення повністю діелектричних метаповерхонь, що підтримують резонанс на замкненій моді, на основі напівпровідників. Виявлено умови формування і фізичні властивості резонансів на замкненій моді. Виявлені ефекти та побудовані чисельно-аналітичні алгоритми є основою для розробки багатофункціональних приладів керування електромагнітними полями мікрохвильового, інфрачервоного та оптичного діапазонів з унікальними можливостями. Отримані у роботі результати доводять актуальність подальших досліджень як шаруватих структур, так і метаповерхонь у режимі резонансу на замкненій моді. Вивчені в роботі ефекти перетворення поляризації в шаруватій структурі з кіральними та біізотропними шарами, та їх залежність від кута падіння і параметрів кіральності та невзаємності дозволяють значно розширити функціональні можливості приладів НВЧ і оптичного діапазону. Повністю діелектричні метаповерхні, що підтримують високодобротний резонанс на замкненій моді - основа для створення нових метаматеріалів, а також для розробки цілої низки нових приладів керування НВЧ і оптичного діапазону, та вдосконалення споживчих характеристик і розширення функціональних можливостей елементної бази НВЧ і оптичного діапазону. Отримані дані можуть бути використанні при створенні штучних середовищ з заданими параметрами і розробці фільтрів, селективних і високоімпедансних поверхонь, антенних укріплень, вузлів оптоелектронного зв'язку, лазерних дзеркал, оптичних діодів, підсилювачів світла, бістабільних елементів тощо.

Реферат (англ)

Object of research is a physical process of formation of scattering fields during the interaction of monochromatic and/or pulsed electromagnetic radiation of local or non-local sources with two-dimensional planar periodic structures or finite sequence of

layers of complex composition that may have chiral properties. The work aim is to improve consumer characteristics and increase the competitiveness of the control devices in the optical, infrared, millimeter and centimeter ranges, as well as determination of phenomena of field formation by the thin planar structures and finite sequence of anisotropic, chiral layers with various parameters and geometry structure and their dependence on operating conditions. Mapped pseudospectral time domain method and auxiliary differential equation method with complex pole model for describing of frequency dependence of permittivity were used for numerical studying of two-dimensional planar structures. Analysis of periodic sequences was based on the method of circuit theory and matrix functions. The mathematical model of photonic crystals based on the sequence of layers of chiral medium, that taking into account the effects of nonreciprocity and the possible effect of chiral-nihility medium, was developed in the project. This mathematical model based on the analysis of eigen waves of infinite layered media and scattering fields of finite sequences, including the presence of a defect in the structure. The conditions of exciting and increasing of cross-polarized component in scattering fields were determined. The mathematical model of optical metasurfaces, that support of high-Q trapped mode resonances, was developed in the project. The possibility of creating all-dielectric metasurfaces supporting resonance in trapped mode, based on semiconductors was shown for the first time. Exciting conditions and physical properties of the trapped mode resonances were determined. These effects and numerical and analytical algorithms developed in the work are the basis for developing of multifunctional devices of electromagnetic field control with unique characteristics in microwave, infrared and optical ranges. Obtained in the work results prove the relevance of further research as layered structures and metasurfaces in trapped mode resonance regime. It is primarily about using nonlinear and active media as a defect in the periodic sequence of layers, or as substrate of metasurfaces. The polarization transformation effects in layered structure of the chiral and biisotropic layers, that were studied in the work, and their dependence on the angle of incidence and chiral and nonrecipricity parameters can significantly extend the functionality of microwave and optical devices. The data obtained during research can be used to design artificial media with unique parameters, filters, selective and high-impedance surfaces, antenna radomes, components of optoelectronic communications, laser mirrors, bistable elements etc.

Індекс УДК: 537.86.029.65/.79, 537.86. 029.65/.79 +621.372.8

Коди тематичних рубрик НТІ: 29.35.33

6. Науково-технічна продукція (НТП)

НТП 1

Назва продукції (укр): Математична модель багатофункціональних приладів керування електромагнітним полем на основі шаруватих композитів з кіральними властивостями та багатофункціональних планарних систем

Назва продукції (англ): Mathematic model of multifunctional devices of electromagnetic field control based of layered composite with chiral properties and multifunctional planar systems

Очікувані результати:

Галузь застосування: 73.10 - Дослідження та розробки в галузі природничих та технічних наук

Опис продукції (укр): Розроблена у роботі математична модель багатофункціональних приладів керування електромагнітним полем є основою як для розробки реальних приладів терагерцового та оптичного діапазонів з унікальними характеристиками, так і основою для побудови математичної моделі більш складних приладів, таких, наприклад, як підсилювачі і генератори випромінювання, так і нелінійні елементи оптичного тракту. До результатів, що є перспективними для впровадження у виробництво у вигляді селективних і резонансних поверхонь, атенюаторів, поглинаючих та відбиваючих покриттів, дзеркал лазерних систем, ключового вузла детектору випромінювання, перетворювачів поляризації можна віднести діелектричну метаповерхню на основі кремнію, що підтримує добротний резонанс на замкненій моді, та фотонні структури з кіральними елементами. Крім того, в роботі розроблено модель вимірювача комплексної діелектричної проникності зразка як з круглим, так і прямокутним поперечним перетином.

Соціально-економічна спрямованість НТП:

Стадія завершеності НТП: Звіт по НДДКР

Впровадження НТП: Впроваджено

Строки впровадження: 2012-2014

Виробник продукції: Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Споживачі продукції: Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, Інститут радіофізики і електроніки НАН України, НДІ радіовимірювань, Інститут медичної радіології, Інститут кріомедицини і кріобіології НАН України, Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка

Перспективні ринки: Науково-дослідні установи та організації України

Права інтелектуальної власності: За договорами

Форми та умови передачі продукції: Спільні НДДКР

7. Бібліографічний опис

1. Fesenko V. I. Propagation of Electromagnetic Waves in Anisotropic Photonic Structures / V. I. Fesenko, I. A. Sukhoivanov, S. N. Shul'ga, J. A. Andrade Lucio // *Advances in Photonic Crystals*, Prof. Vittorio Passaro (Ed.). - InTech, 2013. 2. Fesenko V. I. Terahertz aperiodic multilayered structure arranged according to the Kolakoski sequence / V. I. Fesenko, V. R. Tuz, I. A. Sukhoivanov // *Terahertz and Mid Infrared Radiation: Detection of Explosives and CBRN (Using Terahertz)*. - Springer Netherlands, 2014. - P. 25-32. 3. Khardikov V. V. New Type High-Q THz Planar All-Dielectric Metamaterial / V. V. Khardikov, S. L. Prosvirnin // *Terahertz and Mid Infrared Radiation: Detection of Explosives and CBRN (Using Terahertz)*. - Springer Netherlands, 2014. - P. 47-52. 4. Антюфеев В. И. Матричные радиометрические корреляционно-экстремальные системы навигации летательных аппаратов: Монография / В. И. Антюфеев, В.Н. Быков, А.М. Гричанюк, Д.Д. Иванченко и др. - Х.: Изд-во. "Щедрая усадьба плюс", 2014. - 372 с. 5. Казанский В. Б. Статистическая физика и термодинамика: учебное пособие / В. Б. Казанский, В. В. Харди́ков. - Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2013. - 292 с. 6. Макроскопическая электродинамика : учебное пособие / Багацкая О. В., Бутрым А.Ю., Колчигин Н. Н. и др. - Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. - 260 с. 7. Tuz V. R. Polarization switching and nonreciprocity in symmetric and asymmetric magnetophotonic multilayers with nonlinear defect / V. R. Tuz, S. L. Prosvirnin, S. V. Zhukovsky // *Physical Review A*. - 2012. - V. 85, №. 4. - P. 043822. 8. Tuz V. R. Enhancement of absorption bistability by trapping-light planar metamaterial / V. R. Tuz, V. S. Butylkin, S. L. Prosvirnin // *Journal of Optics*. - 2012. - V. 14, №. 4. - P. 045102. 9. Khardikov V. V. A giant red shift and enhancement of the light confinement in a planar array of dielectric bars / V. V. Khardikov, E. O. Iarko, S. L. Prosvirnin, // *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*. - 2012. - V. 14. - P. 035103. 10. Dmitriev V. Electromagnetic controllable surfaces based on trapped-mode effect / V. Dmitriev, S. Prosvirnin, V. Tuz, M. Kawakatsu // *Advanced Electromagnetics*. - 2012. - V.1, N.2, P.89-95. 11. Tuz V. Gyrotropic-nihility in ferrite-semiconductor composite in Faraday geometry / V. Tuz, O. Batrakov, and Y. Zheng // *Progress In Electromagnetics Research B*. - 2012. - V. 41. - P. 397-417. 12. Tuz V. Optical characterization of the aperiodic multilayered anisotropic structure based on Kolakoski sequence / V. Tuz, V. Fesenko, I. Sukhoivanov // *Proc. SPIE 8781, Integrated Optics: Physics and Simulations*. - 2013. - P. 87811. 13. Polevoy S. Resonant features of planar Faraday metamaterial with high structural symmetry - Study of properties of a 4-fold array of planar chiral rosettes placed on a ferrite substrate / S. Polevoy, S. Prosvirnin, S. Tarapov, V. Tuz // *European Physical Journal: Applied Physics*. - 2013. - V. 61. - P. 30501. 14. Tuz V. R. Asymmetric bistable reflection and polarization switching in a magnetic nonlinear multilayer structure / V. R. Tuz, D. V. Novitsky, S. L. Prosvirnin, S. V. Zhukovsky // *Journal of Modern Optics*. - 2014. - V. 64, № 4. - P. 276-285. 15. Kochetova L. A. Optical bistability in a grating with slits filled nonlinear media / L. A. Kochetova, S. L. Prosvirnin, V. R. Tuz // *Progress In Electromagnetics Research M*. - 2014. - V. 35. - P. 133-139. 16. Антюфеева М.С. Электромагнитное поле в резонаторе, заполненном средой с дисперсией / М. С. Антюфеева // *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія "Радіофізика та електроніка"*. - 2012. - № 1038 - С. 44 - 53. 17. Бутрым А.Ю. Построение полюсной модели дисперсии диэлектрика на основе результатов измерений показателя преломления и показателя поглощения в ограниченной полосе частот / А.Ю. Бутрым, М.С. Антюфеева, В.В. Харди́ков, С.Н. Шульга // *Вестник ХНУ серия "Радіофізика і електроніка"*. - № 1067 - 2013. - с. 3-9. 18. Khardikov V. V. Enhancement of the quantum dot luminescence in all-dielectric metamaterial / V. V. Khardikov, S. L. Prosvirnin // *Радіофізика і радіоастрономія*. - 2013. - Т. 18, № 4. - С. 331-340. 19. Гу́рин О. В. Получение поперечных мод с азимутальной поляризацией в волноводных квазиоптических резонаторах терагерцового диапазона / О. В. Гу́рин, А. В. Дегтярев, В. А. Маслов, В. А. Свич, В. С. Сенюта, В. В. Харди́ков // *Радіофізика і електроніка*. - 2014. - Т. 5 (19), № 1. - С. 74-79.

8. Звітна документація

Кількість сторінок в звіті: 145

Мова звіту: Українська

Кількість файлів у звіті: 1

9. Заключні відомості

Перелік осіб-виконавців

Іванченко Д.

Антюфеева М.

Багацька О.

Биков В.

Грідіна В.

Демченко О.

Туз В.

Керівник організації:

Катрич Віктор Олександрович

Керівники роботи:

Шульга Сергій Миколайович, Хардіков Вячеслав Володимирович

Керівник відділу реєстрації наукової діяльності
УкрІНТЕІ



Юрченко Т.А.