

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0226U002916

Державний реєстраційний номер: 0123U101828

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-03-2026

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 3

Назва етапу: Закономірності формування та властивості електромагнітного відгуку двовимірного метаматеріального циліндру та деякі його застосування

Початок етапу: 01.2025

Закінчення етапу: 12.2025

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

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

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380577051247

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: проспект Перемоги, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

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

Напрямок фінансування: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1108.800

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Удосконалення характеристик мікрохвильових патч-антен за рахунок використання підкладок з пасивних та керованих метаматеріалів

Назва роботи англійською:

Improving the characteristics of microwave patch antennas due to the use of passive and controlled metamaterial substrates

Реферат українською:

У роботі запропоновано підходи та методи оптимізації патч-антени з точки зору її масогабаритних і експлуатаційних характеристик. Ці підходи можуть бути використані і для розробки антен із параметрами, близькими до вимог замовника. Суть методу полягає у використанні як підкладки штучного діелектрика у вигляді метаматеріалу. Мініатюризація патча досягається завдяки високому значенню ефективної діелектричної проникності підкладки, тоді як складна конфігурація ближнього поля метаматеріалу дає змогу контролювати паразитну ємність і, відповідно, рівень випромінювання антени. Також приділено увагу теорії метаматеріалів. З одного боку побудовано теорію технологічно простого метаматеріалу, що складається з періодичного масиву циліндричних провідників. Така підкладка є відносно простою у виготовленні та придатною для створення недорогих патч-антен, параметри яких можуть оптимізуватися з урахуванням матеріальних властивостей доступних діелектриків і провідників. З іншого боку розвинуто теорію складніших метаматеріалів, які також є технологічними, але потребують спеціалізованого обладнання та використання сучасних матеріалів. Антени на їх основі є дорожчими, однак за своїми характеристиками можуть перевищувати відомі світові аналоги і знайти комерційне застосування у мобільному та захищеному зв'язку, системах наведення тощо. Розроблено методику виготовлення патч-антен з метаматеріальною підкладкою із застосуванням технології 3D-друку. Експериментальні дослідження параметрів виготовлених зразків підтвердили валідність запропонованих математичних моделей і програмного забезпечення та теоретичні передбачення щодо підвищення ефективності патч-антен завдяки використанню такої підкладки. Крім того, у роботі побудовано модель біфункціонального «плаща невидимки», здатного маскувати об'єкти як від мікрохвильового випромінювання, так і від теплового випромінювання, розроблено модель метакхвилеводу та показано можливість генерації хвилі з орбітальним кутовим моментом у мікросмужковій антені.

Реферат англійською:

We propose approaches and methods for optimizing a patch antenna in terms of its mass, dimensions and operational characteristics. These approaches can also be used to develop antennas with parameters close to the customer's requirements. The essence of the method is to use a metamaterial as a substrate. Miniaturization of the patch is achieved due to the high value of the effective permittivity of the substrate, while the complex configuration of the metamaterial near field allows you to control the parasitic capacitance and the radiation level of the antenna. Attention is also paid to the theory of metamaterials. On the one hand, a theory of a technologically simple metamaterial consisting of a periodic array of cylindrical conductors has been built. Such a substrate is relatively simple to manufacture and suitable for creating inexpensive patch antennas, the parameters of which can be optimized taking into account the material properties of available dielectrics and conductors. On the other hand, a theory of more complex metamaterials has been developed, which are also technological, but require specialized equipment and the use of modern materials. Antennas based on them are more expensive, but their characteristics can exceed known world analogues and find commercial application in mobile and secure communications, guidance systems, etc. A fabrication technique for patch antennas with a metamaterial substrate using 3D printing technology has been developed. Experimental studies of the parameters of the antenna samples

confirmed the validity of the proposed mathematical models and software and the theoretical predictions regarding the improving the efficiency of patch antennas with metamaterial substrate In addition, the work develops a model of a bifunctional “cloak” capable of masking objects from both microwave radiation and thermal radiation and of a meta-waveguide, and demonstrates generating a wave with orbital angular momentum in a microstrip antenna

Індекс УДК: 621.372.8.001.24, 537.86

Коди тематичних рубрик: 47.45

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Рибін Олег Миколайович

Науковий ступінь: д. ф.-м. н.

Вчене звання: доцент

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Принципи мініатюризації мікрохвильових патч-антен на метаматеріальних підкладках з приростом ефективних відносних діелектричної та магнітної проникностей для довільної форми елементарної комірки. Макет НВЧ патч-антени з метаматеріальною підкладкою, яка виготовлена за технологією 3Д друку

Назва НТП англійською: Principles of miniaturization of microwave patch antennas on metamaterial substrates with an increase in effective relative dielectric and magnetic permeability for an arbitrary unit cell shape. Model of a microwave patch antenna with a metamaterial substrate, which is manufactured using 3D printing technology

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії, гіпотези, Інше (макети антен)

Галузь застосування: радіолокація та машинобудування

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Запропоновано удосконалений підхід до мініатюризації патч-антени з метаматеріальною підкладкою, що ґрунтується на аналітичній моделі з розв'язанням рівняння 4-го порядку та аналітичним урахуванням ефективної діелектричної проникності метаматеріалу. Для перевірки ефективності методу виконано оптимізацію стандартної патч-антени з підкладкою у вигляді частого періодичного масиву циліндричних провідників. Показано, що підхід дозволяє зменшити машинний час оптимізації, досягти більшого рівня мініатюризації антени та покращити її експлуатаційні характеристики. Запропонований метод покладено в основу алгоритму проектування компактних мікрохвильових патч-антен із заданими параметрами (робочою частотою, коефіцієнтом мініатюризації, товщиною метаматеріальної підкладки). На його основі оптимізовано геометричні та матеріальні параметри антени для виготовлення за технологією 3D-друку, розроблено методику виготовлення, створено макетні зразки та експериментально підтверджено теоретичні результати.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Економія енергоресурсів, Зменшення зносу обладнання, Підвищення автоматизації виробничих процесів

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції: Державне підприємство «Харківське Конструкторське Бюро з Машинобудування (ХКБМ) імені О.О.Морозова», Радіоастрономічний інститут НАН України (м. Харків), Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України (м. Харків), Державне конструкторське бюро «Південне» імені М. К. Янгеля (м. Дніпро), Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба (ХНУПС).

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

O. Rybin. Microwave properties of a double wire array. *Journal of Computational Electronics*. 2023. Vol. 22, pp. 1541-1548. (WoS, Scopus, Q3 in 2023). <https://doi.org/10.1007/s10825-023-02087-9>

M. Raza, O. Rybin, M. Ahsan, W.B. Alonazi, K. Rameen. Controlling the thermal and electric fields in isotropic and anisotropic media. *Physica Scripta*. 2023. Vol. 98, Issue 10, pp. 105913 (WoS, Scopus, Q2). <https://doi.org/10.1088/1402-4896/acf3ae>

A.S. Kupriianov, V.V. Khardikov, K.Domina, S.L. Prosvirnin, W. Han, V.R. Tuz Experimental observation of diffractive retroreflection from a dielectric metasurface, *Journal of Applied Physics*. 2023. Vol. 133. Is. 16. pp. 163101 (WoS, Scopus, Q2) <https://doi.org/10.1063/5.0145338>

Tuz, V.R., Evlyukhin, A.B., (2024, January). Magneto-plasmonic scattering by a disk-shaped particle made of an artificial dielectric. *Journal of Physics D: Appl. Physics* (Vol. 57, p. 135005). (Q2 in 2024) (Open Access) <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ad19b6>

Raza, M., Rybin, O., Rehman, N.A., Shahid, R. (2025, February). 2-D polar curves cloak structures for microwave applications. *Journal of Electrical Engineering* (Vol. 76, Iss. 1, pp. 1-6) (Q3 in 2024) (Open Access) <https://doi.org/10.2478/jee-2025-0001>

Hlushchenko, A. V., Andrieieva, O. L., Evlyukhin, A. B., & Tuz, V. R. (2024). Trapped Mode Excitation in Dielectric Metasurfaces with an Inhomogeneous Superstrate. *Journal of Physical Chemistry C*. (Vol. 128, Iss. 22, pp. 9398-9406) (Q1 in 2024) <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jpcc.4c02996#>

Rybin O. Effective medium theory of a concentric metamaterial bifunctional cloak / O. Rybin, M. Raza, S.N. Shulga, N.A. Rehman // *Zeitschrift für Naturforschung A*. – 2025. – Vol. 80, Iss. 4. (Q3 in 2024) <https://doi.org/10.1515/zna-2024-0206>

Rybin, O., Raza, M., Shulga, S., Rehman, N.A. Effective medium theory of a concentric metamaterial bifunctional cloak. *Zeitschrift für Naturforschung A*. (Vol. 80, Iss. 5, pp. 335-344) (Q3 in 2024). <https://doi.org/10.1515/zna-2024-0206>

Rybin, O., Raza, M., Shevchenko, A., Shulga, S. An advanced miniaturization approach for designing compact rectangular microwave patch antennas with metamaterial substrates. *Journal of Computational Electronics*. (Vol. 4. Iss. 4. Pp. 125-131.) (Q3 in 2024). <https://doi.org/10.1007/s10825-025-02370-x>

Rybin, O., Raza, M., Shevchenko, A. Reflection properties of a magnetically tuned substrate-like wire metagrating. *Physica Scripta*. (Vol. 100, Iss. 4, pp. 045531) (Q2 in 2024). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1402-4896/adb6e>

Raza, M., Rybin, O., Rehman, N.A., Shahid, R. 2-D polar curves cloak structures for microwave applications. *Journal of Electrical Engineering*. (Vol. 76, Iss. 1, pp. 1-6) (Q3 in 2024) <https://doi.org/10.2478/jee-2025-0001>

Tuz, V., Khardikov, V.V., Allayarov, I., Calà Lesina, A., and Evlyukhin A.B. All-Dielectric Metasurface-Based Gap Waveguides. *Advanced Photonics Research*. (Vol. 6, Iss. 9, pp. 2500128) (Q2 in WoS 2023).

<https://doi.org/10.1002/adpr.202500128>

Chen, J., Kupriianov, A.S., Tuz, V.R. A microwave tool for studying dielectric metasurfaces. *Physica Scripta*. (Vol. 100, Iss. 4, pp. 046102) (Q2 in 2024). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1402-4896/adbe07>

Рибін, О. М., Баула, Т., Шевченко А., Фомін Р. (2024). Модифікований принцип мініатюризації прямокутних НВЧ патч-антен. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка»*, (41). <https://periodicals.karazin.ua/radiophysics/>

V.V. Yachin, V.V. Khardikov, L.A. Kochetova, S.L. Prosvirnin Resonant Response in Tunable Metasurface Based on Crossed All-Dielectric Grating, 2023 53rd European Microwave Conference (EuMC), pp. 315-318 (2023).(Scopus)

Gu, S., He, Z., Wang, X., Fesenko, V. I., & Tuz, V. R. (2024, July). A Flexible Graphene-Based Antenna for RF Vortex Generation. In 2024 IEEE 7th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT) (pp. 1056-1059). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEICT61637.2024.10671371>

Rybin, O., Raza, M., Shulga, S., Shahbaz, A., Kobieliev, O., Baula, T. (2024, October) Cloak Control of Thermal and Electric Fields in Anisotropic Semiconductor Concentrically Inhomogeneous Media. IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61434.2024.10877989>

Rybin, O., Shulga, S., Raza, M., Baula, T. (2024, September). Reflective Properties of a Thin Wire Substrate-Like Metagrating. In 2024 IEEE 29th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED). <https://doi.org/10.1109/DIPED63529.2024.10706165>

Yachin, V.V., Khardikov, V.V., Kochetova, L.A., Prosvirnin, S.L. (2024, September). Tunable Metasurface Based on Crossed Strip Gratings Consisting of Nonreciprocal Materials. In 2024 54th European Microwave Conference (EuMC). <https://doi.org/10.23919/EuMC61614.2024.10732110>

Rybin, O., Shulga, S. Raza, M., Shevchenko, A., Ha, M., Murugesh, V. (2025, September). The Method of Fictitious Sources in Studying a 2-D Scattering on Inhomogeneous Scatterers. In Proceedings of International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED <https://doi.org/10.1109/DIPED66951.2025.11194509>

Li, R., Polevoy, S., Yermakov, O., Tuz, V.R. (2025. August) Experimental Demonstration of TE-TM Mode Degeneracy in Dielectric Metasurfaces. In 2025 IEEE International Workshop on Electromagnetics Applications and Student Innovation Competition (iWEM). <https://doi.org/10.1109/iWEM65640.2025.11168034>

Liang, L., Hlushchenko, A.V., Shcherbinin, V.I., Tuz, V.R. (2025. August) Active Control of Trapped Modes in Metasurfaces with a Gain-Loss Superstrate. In 2025 IEEE International Workshop on Radio Frequency and Antenna Technologies (iWRF&AT). <https://doi.org/10.1109/iWRFAT65352.2025.11103133>

Guo, Y., Fesenko, V.I., Tuz, V.R. (2025. August) A Single-Fed Elliptic Ring Patch Antenna for Vortex Beam Generation with High Mode Purity. In 2025 IEEE International Workshop on Radio Frequency and Antenna Technologies (iWRF&AT). <https://doi.org/10.1109/iWRFAT65352.2025.11103292>

Evlyukhin, A.B., Tuz, V.R. (2025. July) Anapole Response with Polarization-Independent Properties of a Trimer-Based Dielectric Metasurface. 15th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics, META 2025. <https://www.scopus.com/pages/publications/105014394921?origin=resultslist>

Rybin, O. Chapter 4. Full-wave subwavelength characterization of single- and two-layer wire metamaterials at microwave frequencies. In *Ordered and Disordered Metamaterials*. – IOP Publishing. 2024. <https://iopscience.iop.org/book/edit/978-0-7503-5462-2/chapter/bk978-0-7503-5462-2ch4>

О.М. Рибін. Загальна теорія хвиль. Навчальний посібник. ХНУ імені В.Н. Каразіна. 2025. 144с

Хричов Владислав Сергійович. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, галузь знань 10 природничі науки на тему «Радіолокаційна помітність об'єктів складної форми із покриттям та без нього», захист відбувся 31.01.2024, науковий керівник доцент

content/source/documents/aspirantura/zakhysty/khrychov/%D0%A5%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BE%D0%B2_%

Кваліфікаційна робота магістра. Харків. ХНУ імені В.Н. Каразіна. 2023. 51 стор

Панін Вячеслав. Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, галузь знань 10 природничі науки на тему «Резонансні режими метаповерхні з механічно керованою геометрією», захист відбувся 10.12.2025, науковий керівник доцент Хардіков В.В. (Панін Вячеслав. Резонансні режими метаповерхні з механічно керованою геометрією. Харків. Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, кафедра теоретичної радіофізики, 2025, 20 рис., 44 стор., 22 посилання.)

Патент на корисну модель № 153121. Колчигін М.М., Биков В.М., Биков С.М., Хардіков В.В., Лотох М.Г., Балахніна І.О. Спосіб навігації літальних апаратів. Бюл. № 21/2023 від. 22.05.2023.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1738023/>

Проект 2025.06/0108 «Розробка мікросмужкових антен для генерації хвиль, що несуть орбітальний кутовий момент, та їх застосування в системах захищеного зв'язку та розмінування» (керівник Шульга С.М.)

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Пантелеймонов Антон Віталійович

к. х. н.

Перелік осіб-виконавців

Антюфеева Марія Станіславівна

(к. ф.-м. н.)

Вінніченко Сергій Олександрович

(н.с)

Дубінін Микола Миколайович

(д.філософ)

Кобелев Олексій Миколайович

(д. соц. н., доц.)

Соловійов Юрій Львович

(н.с)

Туз Володимир Ростиславович

(д. ф.-м. н., доцент, 01.04.03)

Хардіков Вячеслав Володимирович

(к. ф.-м. н., доц., 01.04.03)

Хардікова Юлія Анатоліївна

Шевченко Анатолій Олександрович

(аспірант)

Шульга Сергій Миколайович

(д. ф.-м. н., професор, 01.04.03)

Відповідальний за підготовку

Козир О.В.

облікових документів

Телефон

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

