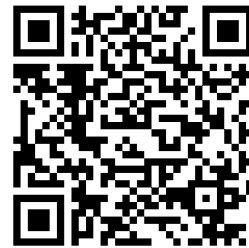


# Облікова картка ДіР



## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0221U104573

**Державний реєстраційний номер:** 0120U104419

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 01-04-2021

## II. Етап виконання ДіР

**Номер етапу:** 1

**Назва етапу:** Систематичний чисельний аналіз декількох найбільш перспективних конфігурацій графенових метаповерхонь. Вивчення впливу товщини підкладки, її матеріалу та періоду на характеристики розсіювання та поглинання терагерцевих електромагнітних хвиль метаповерхнями.

**Початок етапу:** 10.2020

**Закінчення етапу:** 12.2020

**Вид звітнього документа:** Остаточний звіт

## III. Відомості про виконавця ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** Академіка Проскури, 12, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61085, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380577634319, 380573152105

## 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:** просп. Перемоги, 10, м. Київ, Київська обл., 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:** 2.5 - програми і проекти у сфері міжнародного науково-технічного співробітництва

### Джерела фінансування

**7713 - кошти держбюджету**

**Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК):** 2201380

|                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| <b>Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.):</b> 110.000 |
|----------------------------------------------------------|

## **VII. Відомості про ДіР**

### **Назва роботи українською:**

Терагерцеві метаповерхні та антенні ґрати на основі графену

### **Назва роботи англійською:**

Terahertz graphene-based metasurfaces and transmitarrays

### **Реферат українською:**

При виконанні НДР відповідно до вимог технічного завдання на 2020 р. проводився систематичний чисельний аналіз декількох найбільш перспективних конфігурацій графенових метаповерхонь, що побудовані на основі скінчених та нескінчених решіток з графенових мікрострічок, нанесених на діелектричні підкладки. Зокрема, вивчався вплив товщини підкладки, її матеріалу та періоду решітки на характеристики розсіяння та поглинання терагерцевих електромагнітних хвиль такими метаповерхнями. Моделювання виконувалось за допомогою сингулярних інтегральних рівнянь для струму на стрічках та дискретизації цих рівнянь за допомогою інтерполяційних поліномів та квадратур. Розроблені чисельні алгоритми мають математично гарантовану збіжність, що дозволяє обчислювати характеристики розсіяння та поглинання хвиль з контрольованою точністю. Ці дослідження показали, що всяка решітка з графенових стрічок не поверхні діелектричного шару є композитним відкритим резонатором, який може підтримувати плазмонні моди, моди діелектричного шару та ґраткові моди. Маніпулюючи параметрами графену, можна перелаштовувати частоту резонансів на плазмонних модах та контролювати потужність поля, що витрачається на розсіяння та поглинання. За результатами роботи зроблено 4 доповіді на міжнародних конференціях ELNANO-2020 (Київ), EuMC-2020 (Утрехт) та UkrMW-2020 (2) (Харків). Також опубліковано статтю в журналі IEEE J. of Quantum Electronics та направлено 2 статті до редакцій журналів J. of the Optical Society of America B та J. of Electromagnetic Waves and Applications.

### **Реферат англійською:**

The work on the project was performed in accordance with the requirements of the Terms of Reference for 2020. This included systematic numerical analysis of several most promising configurations of graphene metasurfaces built on the finite and infinite gratings of graphene strips placed on the dielectric substrates. In particular, we studied the effect of the substrate thickness and material and the grating period on the characteristics of the terahertz wave scattering and absorption by such metasurfaces. The simulations were performed using the singular integral equations for the current on the strips and the discretization of these equations with the aid of interpolation polynomials and quadratures. The developed numerical algorithms have mathematically guaranteed convergence, that allows to calculate the scattering and absorption of waves with controlled accuracy. This study had demonstrated that any grating of graphene strips on a dielectric slab is a composite open resonator, able to support plasmon mode, slab modes, and lattice modes. By manipulating the parameters of graphene, one can tune the frequency of plasmon-mode resonances and control the scattered and absorbed power. Based on the results of the work, 4 papers were presented at the international conferences ELNANO-2020 (Kyiv), EuMC-2019 (Utrecht) and UkrMW-2020 (2) (Kharkiv). Besides, a research paper was published in the IEEE Journal of Quantum Electronics and other two papers were submitted to the J. of the Optical society of America B and J. of Electromagnetic Waves and Applications.

**Індекс УДК:** 535.24; 535.6 , 537.86.029.65/.79

**Коди тематичних рубрик:** 29.31.15 , 29.35.33

### **Керівники роботи**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:** Носич Олександр Йосипович

**Науковий ступінь:** д. ф. -м. н.

**Вчене звання:** професор

**Ідентифікатор ORCID ID:**

**Додаткова інформація:**

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

**Назва НТП українською:** Заключний звіт за 2020 рік

**Назва НТП англійською:** Final Report for 2020

**НТП, яку передбачалося створити:**

**Причини, через які НТП не було створено:**

**Отримані результати:** Технології, Методи, теорії

**Галузь застосування:** у сфері природничих і технічних наук

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** Заключний звіт по результатам НДР за 2020 р., відповідно до вимог технічного завдання на 2020 р., містить інформацію щодо проведення систематичного чисельного аналізу декількох найбільш перспективних конфігурацій графенових метаповерхонь, що побудовані на основі скінчених та нескінчених решіток з графенових мікрострічок, нанесених на діелектричні підкладки. Зокрема, вивчен вплив товщини підкладки, її матеріалу та періоду решітки на характеристики розсіяння та поглинання терагерцевих електромагнітних хвиль такими метаповерхнями. Моделювання виконувалось за допомогою сингулярних інтегральних рівнянь для струму на стрічках та дискретизації цих рівнянь за допомогою інтерполяційних поліномів та квадратур. Розроблені чисельні алгоритми мають математично гарантовану збіжність, що дозволяє обчислювати характеристики розсіяння та поглинання хвиль з контрольованою точністю. Ці дослідження показали, що всяка решітка з графенових стрічок на поверхні діелектричного шару є композитним відкритим резонатором, який може підтримувати плазмонні моди, моди діелектричного шару та ґраткові моди. Маніпулюючи параметрами графену, можна перелаштовувати частоту резонансів на плазмонних модах та контролювати потужність поля, що витрачається на розсіяння та поглинання. За результатами роботи зроблено 4 доповіді на міжнародних конференціях ELNANO-2020 (Київ), EuMC-2020 (Утрехт) та UkrMW-2020 (2) (Харків). Також опубліковано статтю в журналі IEEE J. of Quantum Electronics та направлено 2 статті до редакцій журналів J. of the Optical Society of America B та J. of Electromagnetic Waves and Applications.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

**Вплив НТП на довкілля:**

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Практична реалізація НТП**

**Початок етапу:** 10.2020

**Закінчення етапу:** 12.2020

**Споживачі продукції:**

**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**

1. S.V. Dukhopelnykov, R. Sauleau, A.I. Nosich, "Integral equation analysis of terahertz backscattering from circular dielectric rod with partial graphene cover," IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. 56, no 6, art. no 8500208, 2020
2. M. E. Kaliberda, L. M. Lytvynenko, S. A. Pogarsky, R. Sauleau, "THz wave scattering by finite number of graphene strips embedded into grounded dielectric slab analyzed using singular integral equations," Journal of the Optical Society of America B, 2020, submitted
3. S.V. Dukhopelnykov, R. Sauleau, "Backward scattering from a circular dielectric rod with a conformal strip of graphene," Proc. Int. Conf. Electronics and Nanotechnologies (ELNANO-2020), Kyiv, 2020, pp. 67-70.
4. S.V. Dukhopelnykov, R. Sauleau, "Plasmon resonance of graphene strip placed on dielectric rod in the microwave range," Proc. Int. Conf. Ukrainian Microwave Week (UkrMW-2020), Kharkiv, 2020.
5. F.O. Yevtushenko, S.V. Dukhopelnykov, T.L. Zinenko, " Fano-shape lattice-mode resonances and near fields in the E-polarized wave scattering by a PEC strip grating on a dielectric substrate," Proc. Int. Conf. Ukrainian Microwave Week (UkrMW-2020), Kharkiv, 2020.
6. S.V. Dukhopelnykov, "Plasmon resonances of conformal graphene strip placed on circular dielectric rod: from microwaves to infrared range," Proc. European Microwave Conf. (EuMC-2020), Utrecht, 2020.

## **X. Заключні відомості**

**Керівник юридичної особи**

Мележик Петро Миколайович  
д.ф.-м.н., 01.04.03

**Перелік осіб-виконавців**

Гиря Наталія Петрівна

Духопельников Сергій Володимирович

Каліберда Мстислав Євгенович

(к. ф.-м. н., 01.04.03)

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Духопельников С.В.

**Телефон**

+38 (066) 185-94-23

**Реєстратор**

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

