# Облікова картка ДіР

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0222U001260

**Державний реєстраційний номер:** 0119U101609

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 26-01-2022

## II. Етап виконання ДіР

**Номер етапу:** 3

**Назва етапу:** Дослідження взаємодії електромагнітних сигналів у спінтронних наноструктурах на основі антиферомагнітних матеріалів

**Початок етапу:** 01.2021

**Закінчення етапу:** 12.2021

**Вид звітного документа:** Остаточний звіт

## III. Відомості про виконавця ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Державна організація "Відділення цільової підготовки Київського національного університету імені Тараса Шевченка при Національній академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 16463392

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, 54, м. Київ, Київська обл., 01601, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380444247241

## IV. Відомості про співвиконавців ДіР

## V. Відомості про замовника ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Національна академія наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 00019270

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 54, м. Київ, Київська обл., 01030, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Президія Національної академії наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380442350981

## 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)

**Напрям фінансування:** 2.1 - фундаментальні дослідження

### Джерела фінансування

**7713 - кошти держбюджету**

**Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК):** 2201030

**Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.):** 334.756

## VII. Відомості про ДіР

### Назва роботи українською:

Елементи надшвидких нейронних систем на основі антиферомагнітних спінтронних наноструктур.

### Назва роботи англійською:

Elements of ultrafast neuron systems on the basis of antiferromagnetic spintronic nanostructures.

### Реферат українською:

Розроблено теоретичну модель генератора сигналів терагерцового діапазону частот на основі високодобротного діелектричного резонатора з включеними у нього антиферомагнітними (АФМ) спіновими осциляторами Холла (СОХ) та проаналізовано електродинамічні властивості такого пристрою. Проаналізовано процеси синхронізації коливань намагніченості в АФМ СОХ джозефсонівського типу і визначено умови ефективної синхронізації такого СОХ із зовнішнім монохроматичним сигналом різної частоти та амплітуди. Проведено теоретичний аналіз та оптимізацію моделей пристроїв на основі АФМ спінтронних наноструктур і встановлено, що вихідна потужність генератора сигналів на основі кількох АФМ СОХ, розміщених всередині діелектричного резонатора, збільшується зі збільшенням частоти обертання магнітних підґраток АФМ шару СОХ, а також зі збільшенням кількості СОХ. Показано, що для детектора терагерцових сигналів на основі АФМ тунельного контакту підбираючи площу поперечного перерізу контакту та товщину тунельного бар'єру, можна в широких межах змінювати опір, ємність та індуктивність системи, які, в свою чергу, впливають на електродинамічні характеристики детектора. Вперше запропоновано підхід для розділення та характеризації дисипативних процесів, що протікають в об'ємі антиферомагнетика та на інтерфейсі між антиферомагнетиком і феромагнетиком. Досліджена спінова динаміка антиферомагнетиків при наявності атомних дислокацій і породжуваних ними спінових дисклінацій. Зроблено короткий огляд альтернативних феноменологічних підходів до спінової динаміки антиферомагнетиків з огляду на сучасний інтерес до надшвидкісної спінової динаміки та її застосування. Розроблені масиви асиметричних синтетичних ферімагнетиків з температурно керованою міжшаровою взаємодією через прошарки розбавлених феромагнетиків, як функціональні елементи сучасних пристроїв спінтроніки та магноніки.

### Реферат англійською:

A theoretical model of a terahertz frequency signal generator based on a high-quality dielectric resonator with antiferromagnetic (AFM) spin Hall oscillators (SHO) included in it has been developed and the electrodynamic properties of such a device have been analyzed. The processes of synchronization of magnetization oscillations in AFS of Josephson type AFM are analyzed and the conditions of effective synchronization of such SHO with external monochromatic signal of different frequency and amplitude are determined. Theoretical analysis and optimization of AFM models based on spintron nanostructures was performed and it was found that the output power of the signal generator based on several AFM SHOs placed inside the dielectric resonator increases with increasing rotational speed of the AFM magnetic sublattice. It has been shown that for a terahertz detector based on tunnel contact AFM, by selecting the contact cross-sectional area and the thickness of the tunnel barrier, the resistance, capacitance and inductance of the system can be varied, which in turn affects the electrodynamic characteristics of the detector. For the first time, an approach has been proposed for the separation and characterization of dissipative processes occurring in the volume of the antiferromagnet and at the interface between the antiferromagnet and the ferromagnet. The spin dynamics of antiferromagnets in the presence of atomic dislocations and the spin disclinations generated by them have been studied. A brief overview of alternative phenomenological approaches to the spin dynamics of antiferromagnets is given in view of the current interest in high-speed spin dynamics and its application. Arrays of asymmetric synthetic ferromagnets with temperature-controlled interlayer interaction through layers of dilute ferromagnets have been developed as functional elements

of modern spintronics and magnon devices.

**Індекс УДК:** 548:537.611.45;548:537.611.44, 537.6; 538.9

**Коди тематичних рубрик:** 29.19.43

**Керівники роботи**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:** Товстолиткін Олександр Іванович

**Науковий ступінь:** д. ф.-м. н.

**Вчене звання:** професор

**Ідентифікатор ORCID ID:**

**Додаткова інформація:**

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

**Назва НТП українською:** Результати числового моделювання процесу генерації імпульсних сигналів у спіновому осциляторі Холла на основі біанізотропного антиферомагнетика, що керується слабким вхідним змінним струмом і сталим струмом зміщення. Теоретична модель динаміки намагніченості у феримагнітних матеріалах з антипаралельно направленими спіновими підґратками під дією спін-обертового ефекту.

**Назва НТП англійською:** Results of numerical modeling of the process of pulse signal generation in a spin Hall oscillator based on a bianisotropic antiferromagnet controlled by weak input AC and DC bias. A theory of magnetization dynamics in ferromagnetic materials with antiparallel aligned spin sublattices under the action of spin-transfer torques (STTs).

**НТП, яку передбачалося створити:**

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

**Отримані результати:** Методи, теорії

**Галузь застосування:** Електронно-керовані елементи та пристрої в мікроелектроніці та спінтроніці

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** Вперше запропоновано підхід для розділення та характеризації дисипативних процесів, що протікають в об'ємі антиферомагнетика та на інтерфейсі між антиферомагнетиком і феромагнетиком. Досліджена спінова динаміка антиферомагнетиків при наявності атомних дислокацій і породжуваних ними спінових дисклінацій. Зроблено короткий огляд альтернативних феноменологічних підходів до спінової динаміки антиферомагнетиків з огляду на сучасний інтерес до надшвидкісної спінової динаміки та її застосування. Розроблені масиви асиметричних синтетичних ферімагнетиків з температурно керованою міжшаровою взаємодією через прошарки розбавлених феромагнетиків, як функціональні елементи сучасних пристроїв спінтроніки та магноніки.

**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:** 01.2021

**Закінчення етапу:** 12.2021

**Споживачі продукції:** Національна академія наук України

**Перспективні ринки:** Україна, країни ближнього та дальнього зарубіжжя

**Характер співробітництва з інвестором**

**Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:**

**Права, що надаються інвестору після завершення роботи:**

**Наявність бізнес-плану:**

**Техніко-економічне обгрунтування:**

**Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:**

**Очікуваний термін окупності (років):**

**Додаткова інформація:**

## IX. Бібліографічний опис

1. P.Yu. Artemchuk, O.V. Prokopenko, E.N. Bankowski, T.J. Meitzler, V.S. Tyberkevych, and A.N. Slavin, and A. N. Slavin, RF signal detector and energy harvester based on a spin-torque diode with perpendicular magnetic anisotropy, AIP Advances 11, 025234 (2021).

2. P.Yu. Artemchuk, J. Zhang, O.V. Prokopenko, E.N. Bankowski, T.J. Meitzler, I.N. Krivorotov, J.A. Katine, V.S. Tyberkevych, and A.N. Slavin. Measurement of microwave signal frequency by a pair of spin-torque microwave diodes, IEEE Magn. Lett. 12, 4502205 (2021).

3. D.M. Polishchuk, O.I. Nakonechna, Ya.M. Lytvynenko, V. Kuncser, Yu.O. Savina, V.O. Pashchenko, A.F. Kravets, A.I. Tovstolytkin, V. Korenivski. Temperature and thickness dependent magnetostatic properties of [Fe/Py]/FeMn/Py multilayers, ФНТ 47(6), 520 (2021).

4. V.Yu. Borynskyi, D.M. Polishchuk, A.K. Melnyk, A.F. Kravets, A.I. Tovstolytkin and V. Korenivski, Higher-order ferromagnetic resonances in periodic arrays of synthetic-antiferromagnet nanodisks, Appl. Phys. Lett. 119, 192402 (2021).

5. D.M. Polishchuk, T.I. Polek, V.Yu. Borynskyi, A.F. Kravets, A.I. Tovstolytkin, V. Korenivski, Isotropic FMR frequency enhancement in thin Py/FeMn bilayers under strong magnetic proximity effect, J. Phys. D: Appl. Phys. 54, 305003 (2021).

6. E.G. Galkina and B.A. Ivanov, Phenomenological description of spin dynamics in antiferromagnets: Short history and modern development, Low Temp. Phys. 47, 765 (2021).

## X. Заключні відомості

**Керівник юридичної особи** Погорілий Анатолій Миколайович
д. ф.-м. н.

**Перелік осіб-виконавців**

Іванов Боріс Олексійович
(д. ф.-м. н., 01.04.02)

Кравець Анатолій Федорович
(д. ф.-м. н., 01.04.11)

Литвиненко Ярина Миколаївна
(к. ф.-м. н., 01.04.11)

Прокопенко Олександр Володимирович
(д. ф.-м. н., 01.04.03)

Пустовіт Юрій Валерійович
(к. ф.-м. н.)

Слободянюк Денис Володимирович
(к. ф.-м. н., 01.04.03)

**Відповідальний за підготовку облікових документів** Духота Л.І.

**Телефон** +38 (096) 266-59-22

**Реєстратор**

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

