

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ІМаг НАН України та МОН України



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок
Розробка фізичних основ магнітної наноелектроніки
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: “Підтримка досліджень провідних та молодих учених”

Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0261

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0261

«Розробка фізичних основ магнітної наноелектроніки»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу “Підтримка досліджень провідних та молодих учених” (назва конкурсу) протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21.

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту

Початок – «30» 10 2020 (дата укладання Договору про виконання наукових досліджень і розробок);

Закінчення – 2022 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн.

8195930 грн. (вісім мільйонів сто дев'яносто п'ять тисяч дев'ятсот тридцять гривень)

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 375930 грн. (триста сімдесят п'ять тисяч дев'ятсот тридцять гривень)

2-й рік 3900000 (три мільйона дев'ятсот тисяч гривень)

3-й рік 3920000 (три мільйона дев'ятсот двадцять тисяч гривень)

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 8 виконавців, з них:

доктори наук 3;

кандидати наук 1;

інші працівники 4.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Грантоотримувач: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти та науки України

03142, бул. Вернадського, 36-Б, Київ

р/р UA548201720343151002200012288, код клас. дох. бюджет. 25010100, МФО 820172, ЄДРПОУ 23494128

Директор Інституту, член-кореспондент НАПН України Ю.І. Горобець

В рамках проекту залучення субвиконавців не передбачено.

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Метою проекту є розробка фізичних принципів побудови телекомунікаційних систем та систем обробки інформації НВЧ та субтерагерцового діапазону на основі магнітовпорядкованих матеріалів.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Дослідження фізичних основ створення компактних джерел терагерцового випромінювання для застосування в перспективних телекомунікаційних та інформаційних системах, системах безпеки, космічному зв'язку, біології і медицині. Розробка принципів формування функціональних структур із заданими властивостями, вивчення фізичних процесів, що в них відбуваються, та рекомендацій щодо їх практичного застосування.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Найважливіші напрямки розвитку електроніки пов'язані зі збільшенням швидкодії комірок пам'яті та інших елементів, підвищенням частоти магнітних НВЧ генераторів, за рахунок використання магнітовпорядкованих матеріалів, підвищення енергоефективності магнітоелектронних пристроїв на основі використання спінових хвиль як носіїв інформації, а також пошук матеріалів для систем ефективного тепловідведення на основі магнітокалоричного ефекту.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Проєкт спрямований не тільки на вирішення окремих питань магнітної наноелектроніки, а і на їх інтеграцію, зокрема, дослідження можливості використання фери- та антиферомагнетиків у підходах магнітоніки, методах обробки інформації на основі руху магнітних скирміонів та інших солітонів, тощо. Буде встановлено специфіку динаміки намагніченості та спітронних ефектів феримагнетиків, яка є практично не дослідженою.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Дослідження динаміки феромагнітних наноструктур буде проводитись з використанням аналітичних методів та мікромагнітного моделювання. Планується розповсюдження уявлень та методів нанофізики на антиферомагнетики зі слабким феромагнетизмом, з використанням оригінальної дискретної версії нелінійної сигма-моделі. Будуть проведені комплексні дослідження магнітні та резонансні властивостей наноструктур.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

1. Встановлено, що селективна накачка орбітальних резонансів є ефективним методом управління магнітною анізотропією та збудження спінової високочастотної когерентної спінової динаміки у ван-дер-Ваальсівському антиферомагнетику. Використовуючи ультракороткі імпульси світла, налаштовані в резонанс з s-орбітальним переходом іонів Ni_{2+} , можна збудити субтерагерцову магнітну моду. Правила відбору для поляризації

накачки підтверджують, що магنون збуджується за рахунок збурення магнітної анізотропії, що в результаті появи наведеного світлом кутового моменту. Магнітні ван-дер-Ваальсівські шаруваті матеріали є ідеальним об'єктом для дослідження основ низьковимірного магнетизму, які відкривають нові можливості для побудови приладів спінової обробки інформації субтерагерцового частотного діапазону.

2. Запропоновано та теоретично досліджено нанорозмірний нелінійний магنونний кільцевий резонатор. Показано, що в нелінійному режимі резонансні частоти зміщуються, криві передачі стають асиметричними і при досить великій вхідній потужності виявляють бістабільність, тобто передача на частоті лінійного резонансу демонструє порогову поведінку: спінові хвилі низької вхідної потужності зберігаються в кільцевій структурі, і система генерує вихід, лише якщо вхідна потужність перевищує поріг, що може бути корисним для застосування, наприклад, в магنونних нейронних мережах, в той час, як на частоті між лінійними резонансами, реалізується передаточна характеристика типу обмежувача потужності.
3. Досліджено вплив товщини плівки на формування та трансформацію двійникової структури, а також на магнітні властивості епітаксіальних плівок сплавів з ефектом магнітної пам'яті форми. Показано, що баланс між пружною енергією границі плівки і підкладки та енергією двійникових границь призводить до формування субмікронної смугастої періодичної двійникової структури. Встановлено, що напруження на границі плівки та підкладки блокують мартенситне перетворення в тонких плівках. Збільшення товщини плівки призводить до зменшення цих напружень, і мартенситне перетворення стає можливим. Ширина двійникових варіантів збільшується зі зростанням товщини плівки, що призводить до різкої модифікації її магнітних властивостей. Результати, отримані в цій роботі, показують досить простий спосіб отримання нанорозмірних просторово-періодичних структур з чіткими двійниковими межами в епітаксіальних плівках з магнітним ефектом пам'яті форми, магнітні властивості яких можна змінювати в широких межах, вибираючи необхідну товщину плівки. Такі структури є перспективними для застосування в пристроях спітроніки та магنونіки.
4. Проведено теоретичний аналіз нормального та зворотного магнітокалоричного ефектів у антиферромагнітних сплавах з ефектом пам'яті форми з двома магнітними підгратками. Показано, що адіабатична зміна температури залежить від зміни ентропії, спричиненої магнітним полем, і теплоємності сплаву. Були враховані та оцінені магнітні та немагнітні внески в теплоємність. З'ясовано внесок спонтанної деформації, яка супроводжує магнітоструктурний фазовий перехід, у загальну величину магнітокалоричного ефекту. Розрахована зміна теплоємності, обумовлена зміною магнітного стану сплаву при фазовому переході. Показано, що температурний пік теплоємності, що спостерігається в околі магнітоструктурного фазового перетворення, є обумовленим як спонтанною деформацією кристалічної решітки, так і магнітним упорядкуванням сплаву. Отримані результати є важливими для створення твердотільних систем охолодження.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

Всі отримані результати відповідають світовому рівню досліджень. За результатами ЕВП підготовлені та направлені до друку три дві публікації в наукових виданнях першого квартала:

1. Q. Wang, A. Hamadeh, **R. Verba**, V. Lomakin, M. Mohseni, B. Hillebrands, A. V. Chumak, and P. Pirro, A nonlinear magnonic nano-ring resonator, NPJ Comp. Mater. (імпакт фактор журналу IF=11,282) – прийнята до друку.
2. D. Afanasiev, J.R. Hortensius, M. Matthiesen, S. Mañas-Valero, M. Šiškins, M. Lee, E. Lesne, H.S.J. van der Zant, P.G. Steeneken, **B.A. Ivanov**, E. Coronado and A.D. Caviglia, Controlling the anisotropy of a van der Waals antiferromagnet with light, Science Advances (IF=13,116) - Manuscript Number: abf3096 – отримані позитивні рецензії
3. **V. Golub**, I.R. Aseguinolaza, O. Salyuk, **D. Popadiuk**, I. Sharay, R. Fernández, V. Alexandrakis, S. A. Bunyaev, G. N. Kakazei, J. M. Barandiarán, and V. A. Chernenko, Thickness dependencies of structural and magnetic properties of Ni(Co)MnSn/MgO(001) thin films, Journal of Alloys and

Результати досліджень дадуть змогу значно підвищити швидкість запису та зчитування інформації порівняно з існуючими світовими аналогами. Наукові результати отримані вперше і тому не мають існуючих аналогів.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

Результати досліджень є важливими для фундаментальної та прикладної науки, і можуть знайти застосування в телекомунікаційних системах, системах безпеки (зокрема, для виявлення заборонених речовин), космічному зв'язку, біології і медицині, інформаційних технологіях.

Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування

Науковий керівник Проєкту

зав. лабораторією

(посада)

Іванов Б.О.

ПІБ

(підпис)