

Облікова картка НДДКР

Державний обліковий номер: 0224U001133

Державний реєстраційний номер: 0123U100859

Відкрита

Дата реєстрації: 17-01-2024



1. Етапи виконання

Номер етапу: 1

Назва етапу: Розробка методик теоретичних та експериментальних досліджень систем з електро-дипольним та спіновим магнітним впорядкуванням, з спин-орбітальною взаємодією.

Початок етапу: 01-2023

Закінчення етапу: 12-2023

Вид звітнього документа: Проміжний звіт

2. Виконавець

Назва організації: Інститут фізики Національної академії наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 05417302

Підпорядкованість: Національна академія наук України

Адреса: проспект Науки, буд. 46, м. Київ, 03680, Україна

Телефон: 380445251220

Телефон: 380445251589

E-mail: fizyka@iop.kiev.ua

WWW: <http://www.iop.kiev.ua>

3. Власник результатів НДДКР (продукції)

Назва організації: Інститут фізики Національної академії наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 05417302

Адреса: проспект Науки, буд. 46, м. Київ, 03680, Україна

Підпорядкованість: Національна академія наук України

Телефон: 380445251220

Телефон: 380445251589

E-mail: fizyka@iop.kiev.ua

WWW: <http://www.iop.kiev.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: 6541230

Напрямок фінансування: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

Джерело фінансування: 7713 - кошти держбюджету

Фактичний обсяг фінансування за звітний етап: 5100.000 тис. грн.

5. Науково-технічна робота

Назва роботи (укр)

Інноваційні матеріали і системи з магнітним або/та електродипольним впорядкуванням для потреб використання спінтроники та наноелектроніки у стратегічно-важливих питаннях нової техніки.

Назва роботи (англ)

Innovative materials and systems with magnetic and/or electro-dipole ordering for the needs of using spintronics and nanoelectronics in strategically important issues of new technology.

Реферат (укр)

Звіт містить вступ (розділ 1) і 6 основних розділів 2 -7. Метою 1-го етапу проекту була розробка методик досліджень систем з магнітним або електродипольним впорядкуванням і з спин-орбітальною взаємодією. Для електродипольних структур були задачі: i)-розділ 2 - аналіз доменної структури у тонких плівках та наночастинках сегнеті- та сегнетоелектриків й переносу заряду у них, та ii) - розділ 3 - розробка створення електроконтактів та методики електрофізичних досліджень тонких плівок сегнеті- та сегнетоелектриків. В задачі i) розраховані фазові діаграми та розподіл електричної поляризації у тонких плівках сегнетіелектриків та наночастинках сегнетоелектрика у звичайних умовах та при фотоопроміненні. Передбачено, що нано-плівки $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ мають індуковані тиском і температурою переходи між сегнето- та антисегнето- станами. Виявлені механізми взаємодії полярного, антиполярного та структурного параметрів дальнього порядку у тонких плівках сегнетіелектриків. Результати ii) прогнозують вибір наповнювачів для електрокалоричних нанокомпозитів і наноохолоджувачів,. Опис двовимірного нетопологічного солітону (магнона крапля) розвинуто у задачі iii)-(розділ 4) для тонких плівок ферімагнетиків в околі компенсації. Показано, що спин-поляризований струм компенсує дисипацію в системі і солітони стають стійкі. Частота прецесії в солітонів значно вища, ніж у феромагнетиків, і сягає 100 ГГц при досяжних спінових струмах. Обґрунтовано створення наногенераторів з частотою біля 100 ГГц, стійких до механічних і радіаційних завад. В задачі iv)- розділ 5, здійснено симетричний аналіз стану балки з магнітоактивного еластомеру в поперечному магнітному полі. Розділ 6 (задача v) містить розрахунок розподілу носіїв у напівпровідниковій подвійній квантовій ямі, яка містить заряджені донори. Результат вперше дозволяє пояснити виявлену в ІФ НАНУ залежність енергії люмінесценції непрямих екситонів від енергії квантів фотозбудження. Розділ 7 присвячено вирощуванню наноплівок Bi(111) на Si(111)

Реферат (англ)

The report contains an introduction (Chapter 1) and 6 chapters 2-7. The goal of the 1st stage of the project was to develop research methods for systems with magnetic or electro-dipole ordering and spin-orbit interaction. For electro-dipole structures, there were tasks: i)-section 2 - analysis of the domain structure in thin films and nanoparticles of ferroelectrics and ferroelectrics and charge transfer in them, and ii) - section 3 - development of the creation of electrical contacts and methods of electrophysical research of thin films of ferroelectrics and ferroelectrics. In the task i) calculated phase diagrams and distribution of electric polarization in thin films of ferroelectrics and nanoparticles of ferroelectrics under normal conditions and under photoirradiation. It is assumed that $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ nano-films have pressure- and temperature-induced transitions between ferro- and anti-ferrostates. The description of a two-dimensional non-topological soliton (magnon drop) is developed in problem iii)-(chapter 4) for thin films of ferrimagnets in the vicinity of compensation. It is shown that the spin-polarized current compensates for the dissipation in the system and the solitons become stable. The frequency of precession in solitons is much higher than in ferromagnets and reaches 100 GHz at achievable spin currents. The creation of nanogenerators with a frequency of about 100 GHz, resistant to mechanical and radiation interference, is substantiated. In problem iv) - section 5, a symmetrical analysis of the state of a magneto-active elastomer beam in a transverse magnetic field is carried out. Chapter 6

contains the calculation of carrier distribution in a semiconductor double quantum well containing charged donors. For the first time, the result allows us to explain the dependence of the luminescence energy of indirect excitons on the energy of photoexcitation quanta discovered in the IF of NASU. Chapter 7 is devoted to the growth of Bi(111) nanofilms on Si(111).

Індекс УДК: 537-311.322 , 535.3

Коди тематичних рубрик НТІ: 29.19.31, 29.31.27

6. Науково-технічна продукція (НТП)

НТП 1

Назва продукції (укр): Фазові діаграми та просторовий розподіл електричної поляризації у тонких плівках сегнетіелектриків CuInP2S6 та еліпсоїдальних наночастинках сегнетоелектрика Sn2P2S6 . Властивості тонких плівок оксиду гафнію-цирконію Hf0.5Zr0.5O2 демонструють широкий спектр поведінки, включаючи індуковані парціальним тиском і температурою переходи між сегнето- та антисегнето- станами. Передбачено, що синергія розмірних ефектів і напружень Вегарда може покращити електрокалоричне охолодження (у 2-7 разів) наночастинок BaTiO3 діаметром (10-100) нм, напружених на (1-3)% в порівнянні з об'ємним BaTiO3 . Для матеріалів типу GdFeCo частота прецесії в солітоні значно вища, ніж для феримагнетиків, і досягає 100 ГГц. Симетрійний аналіз стану балки МАЕ в поперечному однорідному магнітному полі, розроблено феноменологічну теорію. Нове явище залежності енергії піку фотолюмінесценції непрямих екситонів у подвійній напівпровідниковій квантовій ямі. Модернізація надвисоковакуумної камери для вирощування плівок методом молекулярно-променевої епітаксії.

Назва продукції (англ): The phase diagrams and spatial distribution of electric polarization in thin films of CuInP2S6 ferroelectrics and ellipsoidal nanoparticles of Sn2P2S6 ferroelectrics were obtained. The properties of hafnium-zirconium oxide Hf0.5Zr0.5O2 thin films exhibit a wide range of behaviors, including those induced by partial pressure and temperature transitions between ferro- and anti-ferrostates. It is predicted that the synergy of size effects and Vegard stresses can significantly improve the electrocaloric cooling (2-7 times) of BaTiO3 nanoparticles with a diameter of (10-100) nm, stressed by (1-3)% compared to bulk BaTiO3 . For materials such as GdFeCo , the frequency of precession in a soliton is much higher than for ferrimagnets, and reaches 100 GHz. A symmetrical analysis of the state of the MAE beam in a transverse uniform magnetic field was carried out, a phenomenological theory was developed. The new phenomenon of the dependence of the energy of the photoluminescence peak of indirect excitons in a double semiconductor quantum well is explained. The ultra-high-vacuum chamber for growing films by the molecular beam epitaxy method has been modernized.

Очікувані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: 72.19

Опис продукції (укр): Розроблена методика розрахунків фазових діаграм та просторового розподілу електричної поляризації у тонких плівках сегнетіелектриків CuInP2S6 та еліпсоїдальних наночастинках сегнетоелектрика Sn2P2S6 . Розрахунки проведені для звичайних умов та для умов оптичного опромінення зі зміною товщини та деформації плівки, розміру та форми наночастинок та довжини поверхневого екранування спонтанної поляризації наночастинок. Це дозволило виявити механізми взаємодії полярного, антиполярного та структурного параметрів дальнього порядку у тонких плівках сегнетіелектриків. Значною мірою вирішують задачу інтеграції CuInP2S6 та Hf0.5Zr0.5O2 у кремнієву нанoeлектроніку. Передбачена синергія розмірних ефектів і напружень Вегарда для покращення електрокалоричного охолодження (у 2-7 разів) наночастинок BaTiO3 діаметром (10-100) нм, напружених на (1-3)% в порівнянні з об'ємним BaTiO3 . Перспективою є створення наповнювачів для електрокалоричних нанокомпозитів, для наоохолоджувачів, енергонезалежної пам'яті та енергозберігаючих елементів, модуляторів, електроперетворювачів та п'єзорезистивних елементів. Результати, що отримані для тонких плівок ферімагнетика є важливими як для фундаментальної фізики солітонів, так і для можливості створення нового покоління наногенераторів НВЧ із частотою близько 100 ГГц, стійких до механічних та радіаційних навантажень, що перспективно для завадостійких радіолокації та зв'язку. Симетрійний аналіз стану балки МАЕ в поперечному однорідному магнітному полі важливий для практичних використання магнітоіндукованих деформацій магнітоеластичних елементів у робототехніці, а також для фундаментально-наукових питань фізики магнітоеластиків. Модернізовано надвисоковакуумну камеру для вирощування наноплівок напівметалічного Bi(111) на Si(111) методом МВЕ.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Отримання нових знань і даних про природу взаємодій у твердих тілах, корисне для практичних використань, створення приладів і для використання в освіті

Стадія завершеності НТП: Звіт по НДДКР

Впровадження НТП: Не впроваджено

Строки впровадження:

Виробник продукції: Інститут фізики НАН України

Споживачі продукції: наукові інститути НАН України та інших країн і вищі навчальні заклади фізичного і фізико-технічного профілю, прикладні високотехнологічні галузеві інститути, науково-виробничі підприємства

Перспективні ринки:

Права інтелектуальної власності: За договорами

Форми та умови передачі продукції: Спільні НДДКР

7. Бібліографічний опис

- [1]. A. N. Morozovska, E. A. Eliseev, L. P. Yurchenko, V. V. Laguta, Y. Liu, S. V. Kalinin, A.L Kholkin, and Y. M. Vysochanskii. The strain-induced transitions of the piezoelectric, pyroelectric and electrocaloric properties of the CuInP2S6 films, Accepted to AIP Advances (2023), <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.05136>
- [2]. E. A. Eliseev, A. N. Morozovska, Y. M. Vysochanskii, L. P. Yurchenko, V. Gopalan and Long-Qing Chen. Light-Induced Transitions of Polar State and Domain Morphology in Photo-Ferroelectric Nanoparticles., <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.04904>, Submitted to Phys.Rev.B. (2023),
- [3]. K. P. Kelley, A. N. Morozovska, E. A. Eliseev, Y. Liu, S. S. Fields, S. T. Jaszewski, T. Mimura, J. F. Ihlefeld, S. V. Kalinin. Ferroelectricity in Hafnia Controlled via Surface Electrochemical State. Nature Materials 22, 1144 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41563-023-01619-9>
- [4]. A. N. Morozovska, O. S. Pylypchuk, S. Ivanchenko, E. A. Eliseev, H.V. Shevliakova, L. M. Korolevich, L. P. Yurchenko, O. V. Shyrokov, N. V. Morozovsky, V. N. Poroshin, Z. Kutnjak, and V. V. Vainberg. Electrocaloric Response of the Dense Ferroelectric Nanocomposites. Submitted to Ceramics International (2023); <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.03187>
- [5]. C. E. Zaspel, E. G. Galkina, and B. A. Ivanov, Ferrimagnetic magnon drop solitons close to the angular momentum compensation point, Phys. Rev. B 108, 064403 (2023); DOI:<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.064403>.
- [6]. V. M. Kalita, Y. I. Dzhezherya, S. V. Cherepov, Y. B. Skirta, A. V. Bodnaruk, S. M. Ryabchenko, Spontaneous change of symmetry in a magnetoactive elastomer beam at its critical bending induced by a magnetic field. Smart Materials and Structures 32, 045002 (2023) DOI 10.1088/1361-665X/acbd04.
- [7]. V. M. Kalita, Yu. I. Dzhezherya, S. V. Cherepov, Yu. B. Skirta, A. V. Kyryliuk, S. O. Reshetniak, A. V. Bodnaruk, S. M. Ryabchenko, Influence of plasticity on the magnetic-field-induced bending deformation in a magneto-active elastomer with superparamagnetic nanoparticles, AIP Advances, Published in Desember 2023.
- [8]. Довгий В.Т., Боднарук А.В., Дмитренко В.Ю., Чишко В.В. / Магнітні та електричні властивості мультифероїків складу $(1-x)\text{Bi}_3\text{-}x\text{YxFeO}_3$, де $R = \text{Sc}$ або Y // IX Українська наукова конференція з фізики напівпровідників УНКФН-9 – 2023, Ужгород, Україна, 22 – 26 травня 2023. Збірник тез конференції – Інститут електронної фізики НАН України, Київ, 2023.- 396 с. – С.73.
- [9]. Довгий В.Т., Боднарук А.В., Дмитренко В.Ю., Чишко В.В. / Магнітні та електричні властивості мультифероїків складу $\text{Bi}_3\text{-}x\text{YxFeO}_3$ //IV Міжнародна конференція функціональні матеріали для інноваційної енергетики – ФМІЕ – 2023, 20 – 21 вересня 2023, Київ, Україна. Збірник тез конференції – Інститут металофізики ім.Г.В.Курдюмова НАН України, Київ, 2023. – 94с. – С.11.
- [10]. Kalita V. M., Dzhezherya Yu. I., Cherepov S. V., Skirta Yu. B., Bodnaruk A. V., Ryabchenko S. M. / Phase transition at critical bending of a magneto-active elastomer beam // IX Міжнародна наукова конференція «Фізика неупорядкованих систем», 19 – 20 вересня 2023, Львів, Україна. Збірник тез – Львівський національний університет імені Івана Франка МОН України, Київ, 2023. – 83с. –С.57.
- [11]. V.Yu.Ivanov 1, O.V.Terletski2, S.M.Ryabchenko2V.I.Sugakov3, G.V. Vertsimakha3, V.Vainberg2, G.Karczewski1.(1 Institute of Physics PAN, Warsaw 02668, Poland, 2 Institute of Physics NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, 3Institute of Nuclear Research NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine), 51st International School & Conference on the Physics of Semiconductors» Jaszowiec 2023" Szczyrk,

8. Звітна документація

Кількість сторінок в звіті: 78

Мова звіту: Українська

Кількість файлів у звіті: 1

9. Заключні відомості

Перелік осіб-виконавців

Більовський Павло Антонович (к. ф.-м. н.)

Боднарук Андрій Васильович (к. ф.-м. н.)

Борденюк Іван Васильович

Вайнберг Віктор Володимирович (д. ф.-м. н., ст. наук .співр.)

Галкіна Олена Григорівна (к. ф.-м. н., ст.н.с.)

Джежеря Юрій Іванович (д.ф.-м.н., професор)

Калита Віктор Михайлович (д. ф.-м. н., професор)

Морозовська Ганна Миколаївна (д. ф.-м. н., професор)

Морозовський Микола Володимирович (д. ф.-м. н., старший науковий співробітник)

Пилипчук Олександр Сергійович (к. ф.-м. н.)

Порошин Володимир Миколайович (д. ф.-м. н., професор)

Рябченко Сергій Михайлович (д. ф.-м. н., професор, член-кор.)

Самойлов Володимир Борисович (к. ф.-м. н., с.н.с.)

Сологуб Сергій Васильович (д. ф.-м. н., с.н.с.)

Терлецький Олег Васильович (к. ф.-м. н.)

Чорноморець Надія Федорівна

Керівник організації:

Бондар Михайло Віталійович (д. ф.-м. н., член-кор.)

Керівники роботи:

Рябченко Сергій Михайлович (д. ф.-м. н., професор, член-кор.)

Керівник відділу реєстрації наукової діяльності
УкрІНТЕІ



Юрченко Т.А.