

ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКРИСТАЛІВ КРЕМНІЮ, ЛЕГОВАНОГО БОРОМ ТА НІКЕЛЕМ

Швидкий розвиток магнітоелектроніки в останні роки визначається такими перевагами гальваномagnetічних пристроїв, як можливість повної електричної розв'язки входних і вихідних каскадів, безконтактного перетворення малих механічних переміщень у електричні сигнали, детектування величини та напрямків індукції магнітної поля з високою локальністю, створення механічних комутаторів, що «не іскрять» в електричних колах, безконтактного виміру електричних струмів. Важливою перевагою приладів спітроніки є висока швидкодія, яка може досягатися за рахунок того, що не обов'язково переміщати в просторі заряд і пов'язану з ним масу. Для перемикання стану достатньо лише розвернути спіл в зворотному напрямку [1].

Особливу значущість для магнітоелектроніки становлять сучасні нанотехнології, які дозволяють реалізувати на практиці нові досягнення в галузі нанофізики [2]. Аспектами актуального і можливого практичного застосування мікрокристалів є спінова калоритроніка, ефект пам'яті форми, важкі ферміони, системи Кондо, надпровідність, квантовий спіновий ефект Холла і топологічні діелектрики, магнітні напівпровідники, спіновий ефект Зеебека, інжекція спіново-поляризованих електронів, скомпенсовані феримагнетики, гігантський магнетоопір та тунельний магнетоопір.

Своєю чергою, ниткоподібні кристали в теперішній зінтегрованій техніці посідає вагоме положення для виготовлення різних приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки [3]. Необхідність вивчення впливу легування та температурної поведінки легуючої домішки на електропровідність напівпровідникових кристалів в рамках сильної спін-орбітальної взаємодії зумовлена контрольованим модифікуванням їх електрофізичних властивостей. Інструментом для таких досліджень є вивчення магнетоопору легованих ниткоподібних кристалів Si, легованих магнітною домішкою, що дозволяє поглибити знання про характер їх провідності в широкому інтервалі температур, а також їх поведінку при різноманітних зовнішніх впливах, природу та взаємозв'язки цих ефектів і визначити умови легування кристалів для створення сенсорів працездатних за екстремальних умов експлуатації.

В основі конструктивно-технологічного рішення, в більшості випадків, є гетероструктури, що складаються з почергово нанесених магнітних (напівмагнітних) та немагнітних матеріалів. Найпростішим прикладом такої структури є напівмагнітний матеріал – перший контакт, немагнітний прошарок, магнітний матеріал – другий контакт. Спіни електронів в області першого контакту не мають чіткого направлення без дії магнітного поля, проте за прикладання зовнішнього магнітного поля електрони в цій області поляризуються та відбувається інжекція в немагнітну область. В результаті у немагнітному прошарку з'являється спін-поляризований канал для транспорту носіїв зарядів, що фіксується на другому контакті. Застосування такої методики для вимірювання магнітного поля за $T=4,2\text{K}$ дозволило отримати чутливість 120% зміни опору до 4 Тл [4].

В нашому випадку чутливий елемент мікроелектронного сенсора для вимірювання магнітного поля сформований на основі ниткоподібних кристалів кремнію, легованих домішкою перехідних металів (нікелем) в процесі росту, використовуючи специфічну структуру кристалу «ядро-оболонка» [5]. Це відбувається шляхом додаванням в ампулу для росту кристалів, методом пара-рідина-кристал (ПРК), окрім транспортної домішки бору, домішки перехідних металів (нікелю), яка в свою чергу формує напівмагнітний шар, що являє собою область для поляризації носіїв заряду, яка при дії зовнішнього магнітного поля впливатиме на транспорт носіїв заряду.

1. A.Hirohata, K.Yamada, Y. Nakatani,, I.-L.Prejbeanu, B.Diény, P.Pirro, B. Hillebrands *Review on spintronics: Principles and device applications, Journal of Magnetism and Magnetic Materials Vol. 509, pp.166711, 2020.*

2. J. Olivera, M. Gonzalez, J.V. Fuente, et al, "An Embedded Stress Sensor for Concrete SHM Based on Amorphous Ferromagnetic Microwires," *Sensors*, vol. 14, pp. 19963-78, 2014.

3. A.Druzhinin, Yu. Khoverko, I. Ostrovskii, N. Liakh-Kaguy, **A. Medvid**, D. Chemerys, "Peculiarities of the Magnetoresistance $\text{Si}<\text{B,Ni}>$ Microcrystals as Sensitive Element of Sensors", *16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2022.*– P. 495–498.

4. G. Schmidt, L. Molenkamp. *Semiconductor element having a semi-magnetic contact. US Patent App. Pub. US 2004/0113188 A1. Jun. 17,2004.*

5. A. Druzhinin, I.Ostrovskii, Yu. Khoverko, N.Liakh-Kaguy N., **A. Medvid**. *Investigation of nanoscale core-shell structure of silicon microcrystal doped by boron and nickel: properties and application// Molecular Crystals and Liquid Crystals, 2023 DOI: 10.1080/15421406.2023.2215123*