

МАГНЕТО-ТРАНСПОРТНІ ВЛАСТИВОСТІ МІКРОКРИСТАЛІВ Si<B,Ni> ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

На сьогодні роботи, в яких розглядається спін-залежний транспорт в кремнії показали, що такий матеріал є ідеальним кандидатом для використання в технологіях магнітоелектроніки [1, 2]. З іншого боку дослідження, що спрямовані на вивчення низькотемпературних характеристик легованих напівпровідникових мікрочисталів з концентрацією домішок в околі переходу метал-діелектрик (ПМД) [3], показали що ці кристали можуть бути використані для створення високочутливих датчиків фізичних величин, здатних працювати за низьких температур.

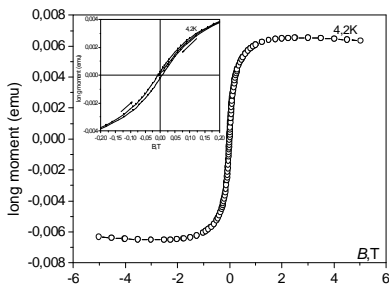
Метою даної роботи є вивчення впливу магнітної домішки на рух носіїв заряду в мікрочисталах, легованих транспортною домішкою бору до концентрацій $5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$, що відповідає переходу метал-діелектрик за низьких температур (до температури рідкого гелію $T = 4,2 \text{ К}$) та в магнітних полях до 8 Т.

Об'єктом досліджень були обрані ниткоподібні кристали Si<B,Ni> р-типу провідності, отримані методом хімічних транспортних реакцій.

В результаті експериментальних досліджень виявлено гістерезис магнітоопору, який проявляється в інтервалі низьких температур, де має місце стрибова провідність по домішковій зоні [4]. Очевидно, гістерезис магнітоопору пов'язаний з вкладом у провідність носіїв заряду, локалізованих на домішці. Прикладення магнітного поля приводить до певної орієнтації спінів носіїв заряду, за рахунок якої вони вилучаються з процесу переносу. Найбільш імовірним є локалізація на домішці двох носіїв заряду з протилежно спрямованими спінами. Тоді ми маємо справу з явищем аномального позитивного магнітоопору [3], в результаті чого відбувається значний стрибок опору кристалів зі збільшенням магнітного поля та подальше його насичення внаслідок орієнтації всіх спінів по полю. Зміна знаку магнітного поля приводить до переорієнтації спінів носіїв заряду, яка вимагає певної енергії. У результаті крива прямої та зворотної зміни магнітоопору з полем не збігаються, що проявляється у гістерезисі магнітоопору.

Присутність гістерезису намагніченості як в кристалах Si в полях до 0,6 кОе так і в кристалах Si<B,Ni> свідчить про поляризацію носіїв заряду бору в зовнішніх магнітних полях до 14 Т. Однак, як визначено експериментально, значення від'ємного магнітоопору

збільшилось до 20% в сильних магнітних полях до 8 Т за криогенних температур для кристалів Si<B,Ni>, що свідчить про суттєвий вплив домішки нікелю на магніто-транспортні властивості матеріалу. Виявлений від'ємний магнітоопір в мікрокристалах з діелектричного боку ПМД дозволяє зробити припущення, що як і в [5] в таких зразках поява від'ємного магнітоопору може бути спричинена підвищенням провідності діркових пар, утворених внаслідок феромагнітної обмінної взаємодії делокалізованих носіїв в процесі стрибкової провідності.



Ефект виникнення від'ємного магнітоопору пов'язаний з утворенням «двійок» – двох станів зі спареними спінами, відносно близьких між собою і віддалених від інших, які існують поблизу рівня Фермі. Всередині такої «двійки» очевидним є виникнення сильної феромагнітної взаємодії, яка приводить до спарювання спінів, а відтак до збільшення

провідності кристалів. Ефект від'ємного магнітоопору, пов'язується зі зміною густини станів поблизу рівня Фермі з магнетним полем. За однократної іонізації «двійки», її рівень за збільшення магнетного поля зміщується вверх. Частина рівнів зміщується вниз, а частина вверх, що приводить не тільки до зміщення рівня Фермі, а й до зміни густини станів в його околі.

Дослідження намагніченості підтвердили наші припущення про певне спінове впорядкування в сильних магнітних полях. Як видно з рисунку існування гістерезису намагніченості з найбільшою коерцитивною силою за температур скрапленого гелію, де саме ми спостерігали явище стрибкоподібної зміни магнетоопору. Аналізуючи результати досліджень намагніченості кристалів кремнію, можна припустити, що існування гістерезису магнітного моменту відбувається внаслідок орієнтації всіх спінів по полю і утворення провідних каналів для руху носіїв заряду залежно від напрямку дії магнітного поля.

Використана література:

1. A. Singh, T. Briere, V. Kumar, Y. Kawazoe. *Magnetism in Transition-Metal-Doped Silicon Nanotubes*, *Phys. Rev. Lett.* 91 (2003) 146802.
2. R. Jansen, *Silicon spintronics*, *Nature Materials*, 11, 5 (2012) 400-408
3. A.A. Druzhinin, I.P. Ostrovskii, Yu.M. Khoverko, K. Rogacki et al, *Magnetic susceptibility and magnetoresistance of neutron-irradiated doped Si whiskers*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 393 (2015) 310–315

4. A. Druzhinin, I. Ostrovskii, Yu. Khoverko, S. Nichkalo, R. Koretsky, Iu. Kogut, *Variable-range hopping conductance in Si whiskers*, *Physica Status Solidi A* 211, No2 (2014) 504–508

5. V. F. Gantmakher, V. T. Dolgoplov, *Localized–delocalized electron quantum phase transitions*, *UFN*, Vol. 178, No.1 (2008) 3–24.

В. Максимчук

Науковий керівник – Гривачевський А. П.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

З кожним днем цифрова обробка зображень (ЦОС) стає все більш поширеною, зокрема ЦОС активно використовується в системах моніторингу які представляють інформацію про спостережувані об'єкти у графічній формі. Сучасні сенсори такого типу дають змогу здійснювати моніторинг одразу в кількох спектральних діапазонах, що в свою чергу дозволяє отримати більше інформації про досліджуваний об'єкт, сцену чи процес. Для об'єднання корисної інформації із сукупності наявних зображень використовують технологію комплексування зображень [1, 2]. В свою чергу мультимодальним комплексуванням зображень називають процес об'єднання інформації від двох або більше зображень, отриманих сенсорами різної фізичної природи (РФП), в одне більше інформативне зображення.

Ціллю даного дослідження є системно розглянути процес мультимодального комплексування графічної інформації, з метою визначення доцільності його використання для підвищення інформативності зображень отриманих в процесі медичної діагностики за допомогою комп'ютерної томографії (КТ), магнітно-резонансної томографії (МРТ) та позитронно-емісійної томографії (ПЕТ).

В загальному випадку процес комплексування зображень включає в себе наступні етапи обробки зображень: 1) оцінка інформативності вхідних зображень; 2) комплексування на піксельному рівні [2]; оцінка інформативності комплексованого зображення.

Для оцінки інформативності зображень I рекомендується використовувати багатокритеріальний показник, який заснований на оцінюванні п'яти параметрів зображення:

$$I = w_1 G_n + w_2 L_n + w_3 S_n + w_4 H_n + w_5 K_n \quad (1)$$