

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ МАГНІТОВПОРЯДКОВАНИХ ФАЗ В СИСТЕМАХ З КВАНТОВИМИ ТОЧКАМИ

Дідух Л.Д., Крамар О.І., Скоренький Ю.Л.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя,
e-mail: kramar@tu.edu.te.ua

Магнітні властивості вузькозонних матеріалів (типу сполук перехідних і рідкоземельних металів, перспективних матеріалів з квантовими точками) не описуються полярною моделлю [1], яка враховує лише пряме перекриття хвильових функцій магнітоактивних електронів; прямі переходи між „магнітними” іонами, між якими знаходиться немагнітний, надто слабкі для стабілізації того або іншого типу магнітного впорядкування. Таким чином, виникає питання про механізми магнітного впорядкування в сполуках розгляданого класу. З цією проблемою тісно пов’язана й інша – про механізм переносу заряду в „магнітній” підсистемі: експеримент вказує на важливість врахування носіїв струму в *d*-підсистемі, а також на взаємозв’язок магнітних і електричних властивостей.

При розгляді питань теорії магнітних і електричних властивостей вузькозонних матеріалів використовується, в основному, два підходи [2]. В роботах першого напрямку розгляд ведеться на основі $s-d(s-f)$ – обмінної моделі. Однак, ця модель у застосуванні до оксидів і сульфідів перехідних металів має ряд недоліків. По-перше, теорія обмінних взаємодій, які стабілізують магнітні впорядкування, не може бути розглянута послідовним чином, оскільки не враховуються одноелектронні переходи між *d*- і *s*-підсистемами. По-друге, наявність носіїв струму пов’язується лише з немагнітною підсистемою. Крім того, зона провідності зазвичай описується блохівським гамільтоніаном, в той час як у реальних випадках зона – вузька.

В роботах другого напрямку виходять із гамільтоніану Габбарда (полярна модель), який описує *d*-підсистему із врахуванням можливості прямого переносу заряду магнітоактивними електронами, однак не беруть до уваги немагнітну підсистему. Такий підхід має суттєвий недолік, оскільки не дає задовільного опису обмінних взаємодій; в силу причин, зазначених вище, опис електричних властивостей сполук з металічним типом провідності або таких, в яких відбувається перехід діелектрик-метал, може бути цілком виправданий з цієї точки зору.

У даній роботі аналізуються питання опису обмінних взаємодій між локалізованими магнітними моментами, розділеними настільки, що прямими переходами можна знехтувати [3]. Розглянуто модель магнітовпорядкованої системи з квантовими точками, в якій „магнітні вузли” *m* розділені „немагнітними” *n* (подібна ситуація спостерігається, наприклад, у сполуці MnO). Проведено узагальнення отриманого [4] ефективного гамільтоніану доданком, який описує спін-спіновий зв’язок між магнітними іонами. Варто відзначити, що гібридаційна частина ефективного гамільтоніану враховує прямий та непрямий (реалізується через немагнітну підсистему) обмін у магнетіку з квантовими точками. Важливо також, що остаточна форма

ефективного гамільтоніану при нехтуванні $p-d$ -обміном по формі повністю еквівалентна ефективному гамільтоніану полярної моделі і, таким чином, є виправданим застосування останньої до широкого класу сполук. Наш результат можна розглядати також і як узагальнення $s-d$ -обмінної моделі за рахунок непрямого $d-d$ -переносу.

На основі запропонованого ефективного гамільтоніану проаналізовано можливі механізми непрямого обміну в моделі матеріалу з квантовими точками. Показано, що той або інший тип магнітного впорядкування в локалізованій d -підсистемі стабілізується, в основному, за рахунок непрямих (викликаних гібридаційною взаємодією) обмінних взаємодій та, можливо, за рахунок трансляційного механізму обміну у s -підсистемі. У частковому випадку сильної кулонівської кореляції отримано температурні залежності намагніченості, розраховано температури феромагнітного фазового переходу при різних енергетичних параметрах системи в моделі з андерсон-габбардівськими центрами. Варто відзначити, що хоча механізм феромагнетизму викликаний ефективною обмінною взаємодією, температура Кюрі формально пропорційна ширині зони провідності.

1. Didukh L. A modified form of the polar model of crystals // *Condens. Matter Phys.* – 1998. – Vol. 1. – № 1 (13). – P. 125–144.
2. Нагаев Э.Л. Физика магнитных полупроводников. М.: Наука.– 1979.– 431с.
3. Дидух Л.Д. Простая модель электрических и магнитных свойств магнитных полупроводников / Л.Д. Дидух, В.Д. Дидух, И.В. Стасюк // *Укр. физ. журн.* – 1975. – Т.20. – № 1. – С. 97–102.
4. Дідух Л.Д. Ефективний гамільтоніан періодичної моделі Андерсона для опису систем з квантовими точками / Л.Д. Дідух, О.І. Крамар, Ю.Л. Скоренький, Ю.М. Довгоп'ятий, Ю.В. Дрогобицький // *Вісник Тернопільського національного технічного університету.*– 2010. – Т.15, № 4.– С. 168-177.