

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу КОНОПЛЮКА Сергія Михайловича
 «Структурні та магнітні перетворення в сплавах Гейслера з пам'ятю форми»
 подану на здобуття вченого ступеня доктора фізико-математичних наук по
 спеціальності 01.04.11 – магнетизм

Дисертаційна робота С. М. Коноплюка присвячена актуальній науковій проблемі вивчення магнітних, електричних, структурних властивостей об'ємних та наноструктурованих сплавів Гейслера з ефектом па'мяті форми та дослідження в цих системах магнітокалоричного ефекту. Зазначена проблема визиває значний науковий інтерес і її активно вивчають. В дисертації досліджено ряд нових структур і на них отримано нові експериментальні результати. Досліджувалися наногранульовані та об'ємні моно- та полікристалічні сплави Гейслера систем Ni-Mn-Ga, Ni-Mn-In, Ni-Mn-In-Co, Ni-Mn-Sb, Cu-Mn-Al, у яких досліджувалися мартенситні, магнітні та магнітоструктурні перетворення, вимірювалася зміна температури зразків за рахунок магнітокалоричного ефекту, вивчалися електропровідні особливості цих речовин та їх деформування під дією зовнішніх чинників, а саме магнітного поля, тиску та температури.

Зазначені матеріали визивають значний інтерес через їх можливе застосування і самим цікавим є потенційно можливе створення холодильної машини на основі магнітокалоричного ефекту за допомогою індукованого магнітним полем чи тиском в цих матеріалах фазового перетворення з магнітовпорядкованої фази до фази з значно зменшеною чи взагалі майже відсутньою намагніченістю. Очевидно, що при стрибках намагніченості енергія взаємодії має привести до зміни ентропії, чим більший стрибок намагніченості, тим більшим за величиною має бути тепловий ефект. Але при температурах менших від температури Кюрі, індукування магнітним полем фазового переходу в не намагнічений стан є можливим тільки за умови впливу магнітного поля на інші підсистеми кристалів, що і було продемонстровано в дисертації. Такого типу фізичні задачі є складними і потребують нетривіальних експериментів, які наявні в дисертації.

Дисертаційна робота С.М. Коноплюка складається з шести розділів. В першому розділі зроблено огляд літератури, в другому розділі описані експериментальні методики, що були застосовані в при дослідженнях, та способи отримання зразків.

В третьому розділі в сплавах Гейслера досліджуються магнітні фазові переходи, структурні перетворення та магнітоструктурні перетворення. Під час магнітоструктурного перетворення одночасно зі структурним відбувається і магнітний фазовий перехід, що автор називає так зване «здвоєне» перетворення, яке супроводжується стрибком намагніченості.

Магнітоструктурний перехід можливий за умови сильної залежності параметрів обміну та величини ефективного спіну магнітних іонів від параметрів структури. Це, як показано в дисертації, може привести до «гістерезису» температури Кюрі. Якщо при нагріванні та охолодженні структури сплаву різні, то в них можуть бути різними величини обмінних параметрів та величини ефективного спіну магнітних іонів, а отже різними будуть точки Кюрі, що спостерігалось експериментально. В експерименті це буде супроводжуватися температурним гістерезисом для намагніченості. Магнітне поле зсуває обидві величини температур Кюрі пропорційні величині поля піднесеній до степеню 2/3.

В четвертому розділі досліджувалася температура, якої набував зразок при адіабатичному намагнічуванні поблизу точок перетворень. В точці Кюрі зміна температури зразка додатна, а в інших випадках перетворень вона була від'ємною і не більшою за модулем, чим в точці Кюрі.

В п'ятому розділі вивчається вплив гідростатичного чи одноосьового стиску на стани досліджуваних сплавів. Вимірювалися температурні залежності питомого опору зразків при різних стисках. На цих залежностях присутні ознаки структурних перетворень, за зміною яких можна судити про вплив тиску на величини критичних температур, і які як виявлено помітно залежать від тиску, що підтверджує основну ідею роботи про залежність параметрів обміну від структури та її змін. Проте залежність напруження від видовження сильно відрізняється від залежності електроопору від видовження. Наприклад, сплав системи Ni-Mn-In легований Со показав при мартенситному переході 4-кратну зміну опору (на сотні відсотків).

В шостому розділі вивчались наногранульовані сплави Cu-Mn-Al, в яких магнітними частинками є Cu_2MnAl в матриці Cu_3Al . Наявність гранул перевірялась за допомогою рентгенівського розсіювання, а також шляхом магнітних вимірювань польових та температурних залежностей намагніченості та магнітоопору. Температурні залежності намагніченості та магнітоопору показують, що між частинками присутня взаємодія, завдяки якій напрямки їх магнітних моментів можуть бути корельованими. Досліджені магнітні властивості порошку наночастинок Cu-Mn-Al. Виявлено розмірний ефект зменшення намагніченості насичення частинок.

Таким чином, дисертаційні дослідження С.М. Коноплюка додають нових уявлень, щодо впливу структури на магнітні перетворення, електропровідність та на взаємозв'язок структури та магнетизму сплавів Гейслера.

В дисертаційній роботі С.М. Коноплюка отримані наступні основні результати:

1. Виявлено гістерезис температури Кюрі при нагріванні та охолодженні сплаву Ni-Mn-Ga.
2. Досліджено магнітокалоричний ефект при магнітоструктурному перетворенні.

3. Спостерігався ефект значного зростання електроопору та магнітної сприйнятливості при одновісному стиску.

4. Виявлено вплив міжчастинкової взаємодії на намагніченість, магнітоопір в наногранулярних системах та зменшення модуля намагніченості частинок.

Результати дисертаційної роботи С.М. Коноплюка мають пріоритетний характер. Вони підкреслюють новизну та наукову цінність проведених досліджень.

Висновки дисертації обґрунтовані, що підтверджується проведеними експериментами та їх аналізом.

Дисертаційна робота С.М. Коноплюка виконана на високому науковому рівні, проте в ній є недоліки та можна зробити декілька зауважень, а саме:

1. Термін метамагнітне перетворення використовується для означення фазового переходу першого чи другого роду в магнітному полі з антиферомагнітної фази, в якій з $M \parallel L$ до фази $L = 0$. Використання цього терміну до фазового переходу першого роду у феромагнетику між феро- та парамагнітною фазою не бажане, тим більше його не варто використовувати при позначенні магнітоструктурного перетворення. В дисертації на стор. 109 написано: «маємо справу з явищем, яке називають метамагнетизмом, тобто зміною слабомагнітного або немагнітного стану сплаву на феромагнітний під впливом магнітного поля».

2. Формула (3.3) для польової залежності температури Кюрі містить поле та чомусь температуру, хоча температури там не повинно бути, бо залежність температури Кюрі від поля – це лінія від поля.

3. При фазовому переході другого роду точці Кюрі має відповідати максимум магнітної сприйнятливості, проте на стор. 77 вона визначалася як точка максимальної зміни магнітної сприйнятливості.

4. В розділі 3 не вказано, як направлене зовнішнє магнітне поле відносно зразка і тому не ясно як поле розмагнічування може вплинути на величину точки Кюрі.

5. Терміном еласторезистивний ефект названо зростання питомого опору в досліджуваних сплавах, що робити мабуть не зовсім доцільно.

6. Автор пише, що головним критерієм суперпарамагнетизму є безгістерезисність намагнічування, але це не означає, що намагніченість повинна описуватися функцією Ланжевена, криві якої не дуже добре співпадають з експериментальними при кімнатній температурі, особливо для невідпаленого зразка, для якого не можна нехтувати магнітною анізотропією, оцінити яку можна було б за допомогою вимірювання петель гістерезису коли $T \rightarrow 0$ К.

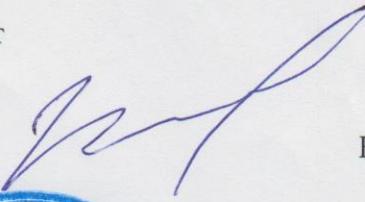
7. Якщо на стор. 186 написано, що на рис. 6.8 магнітоопір зростає, то мається на увазі модуль?

8. З феромагнітної фази можливі переходи до станів з малою намагніченістю: перехід порядок-безпорядок з ферофази до парамагнітної фази, порядок-порядок з феромагнітної фази до антиферомагнітної. Більшою буде зміна ентропії магнітної підсистеми в першому випадку, тому бажано було б розділяти такі переходи.

Ці зауваження не зменшують наукової цінності роботи. Дисертаційна робота С.М. Коноплюка оформлена відповідно до вимог МОН України. Текст автoreферату відповідає змісту дисертації. Матеріали дисертації С.М. Коноплюка, її результати та висновки опубліковані в наукових журналах, що входять до наукометричних баз Web of Science та Scopus та мають високий імпакт-фактор.

Вважаю, що дисертаційна робота С.М. Коноплюка "Структурні та магнітні перетворення в сплавах Гейслера з пам'яттю форми" повністю задовільняє всім вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук, а її автор Сергій Михайлович Коноплюк заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук по спеціальності 01.04.11 – магнетизм.

Офіційний опонент,
професор кафедри загальної та теоретичної фізики
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
доктор фіз.-мат. наук, професор

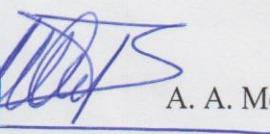


B. M. Калита

Підпис В.М.Калити засвідчує

Вчений секретар

10.04.2018



A. A. Мельниченко

