

А.О.Губанова, Ц.А.Криськов

Кам'янець-Подільський державний університет

ІЛЮСТРАЦІЯ МАГНІТНИХ СТАНІВ ХАЛЬКОГЕНІДНИХ СКЛОПОДІБНИХ СПОЛУК AS_2S_3 ТА AS_2SE_3 , ЛЕГОВАНИХ ХРОМОМ І МАРГАНЦЕМ

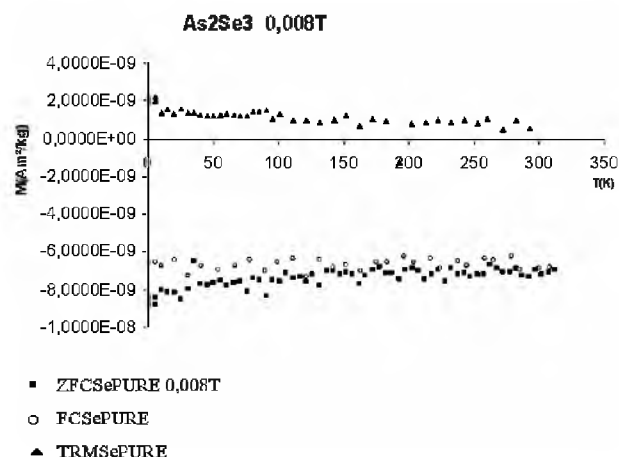
Стаття присвячена розгляду магнітних станів халькогенідних склоподібних сполук легованих хромом і марганцем

The article is devoted to consideration of the magnetic states of galckogening glassy connections of alloyed by a chrome and manganese

Магнітні речовини в останні роки є предметом детального вивчення у наукових лабораторіях та широкого їх використання для практичних потреб людства. Одним з прикладів цього може бути створення пристроїв для запису і збереження інформації. Тому є потреба у створенні нових матеріалів, де можна було б поєднати магнітні й оптичні властивості. Одними з таких матеріалів є халькогенідні скловидні напівпровідники, яких синтезовано більше десяти видів. Їх особливістю є те, що методом легування можна здійснювати фазові переходи другого роду, тобто отримати стани діамангнетика, парамагнетика або ж феромагнетика. Дослідження умов таких переходів складає не лише наукову задачу, де можна ілюструвати ці процеси, а й має прямий практичний інтерес. Раніше аналогічні переходи спостерігались у сполуках $A^2B^5_2$ (наприклад $CdAs_2$), оптичні властивості яких дещо обмежені. Тому є й потреба як у синтезі нових сполук, так і дослідженні їх фізичних властивостей у широкому інтервалі та різних видів зовнішніх впливів (температура, магнітні поля, світло тощо). У цій роботі наведені деякі результати таких досліджень.

Магнітні властивості будь якого середовища визначаються його магнітною сприйнятливістю [1]. Ця величина може мати як від'ємний знак (у діамангнетиків), так додатний — у парамагнетиків.

Халькогенідні скловидні сполуки AS_2S_3 та AS_2Se_3 відносяться до діамангнетиків, про що свідчить показана на мал. 1 залежність питомого магнітного моменту від температури.



Мал. 1. Залежність питомого магнітного моменту зразка чистого AS_2Se_3 від температури. (Замальовані квадрати — величина питомого магнітного моменту у випадку охолодження зразка при нульовому магнітному полі, порожні кола — величини питомого магнітного моменту, які відповідають охолодженню зразка у зовнішньому магнітному полі, замальовані трикутники — різниця цих значень)

Залежність отримана за допомогою квантового надпровідного магнітометра при температурах від 1 К до 350 К у магнітному полі 0,008 Т.

Носями магнітного моменту є як всі мікροструктурні елементи речовини: електроні, протони та нейтрони, так і будь які їх комбінації — атомні ядра, електронні оболонки та комбінації їх комбінацій. Тому магнетизм речовини є універсальною її властивістю.

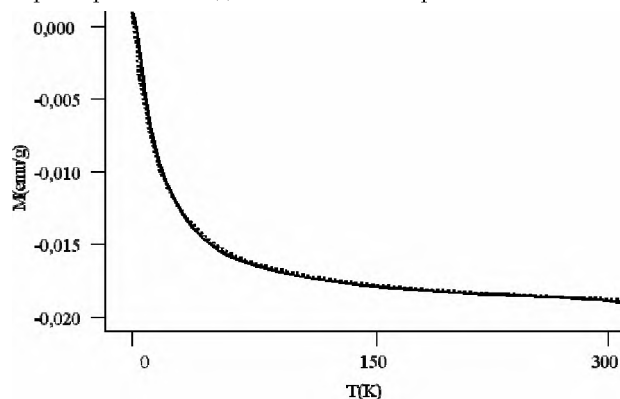
Відомі два основних ефекту зовнішнього магнітного поля — діамангнітний та парамагнітний.

Діамангнітний ефект є наслідком закону електромагнітної індукції Фарадея, який підкоряється закону Ленца. Магнітне поле завжди створює такий індукційний струм, що його магнітне поле має напрямлене проти поля, яке створює струм. Тому створений магнітний момент завжди протилежний початковому магнітному полю.

Парамагнітний ефект є наслідком наявності у речовини власного магнітного моменту (спінного, орбітального або обох). Тоді зовнішнє поле буде намагатися орієнтувати цей власний магнітний момент вздовж свого напрямку. При цьому виникає паралельний до напрямку поля позитивний момент, який називається парамагнетизмом.

Отже діамангнетизмом володіють усі речовини, але парамагнетизм у багатьох випадках перекиває діамангнітні властивості. На приведеній на мал. 2 залежності спостерігаємо чистий діамангнітний ефект [2].

При введенні у AS_2Se_3 домішок атомів хрому або марганцю в його оточенні утворюється власний, відмінний від нуля, магнітний момент і AS_2Se_3 та AS_2S_3 перетворюються з діамангнетиків в парамагнетики.



Мал. 2. Залежність питомого магнітного моменту для AS_2S_3 , легованого хромом 1% ваги. Величина зовнішнього магнітного поля $B = 5$ Тл

Величина магнітного моменту в цьому випадку не залежить від умов, при яких проводилося охолодження зразка. Величина напруженості зовнішнього магнітного поля настільки велика, що парамагнітні властивості мають залежність від температури, яка строго підкоряється закону Кюрі.

$$\chi_{\text{Кюрі}} = C/T, \quad (1)$$

де C — стала Кюрі, T — абсолютна температура.

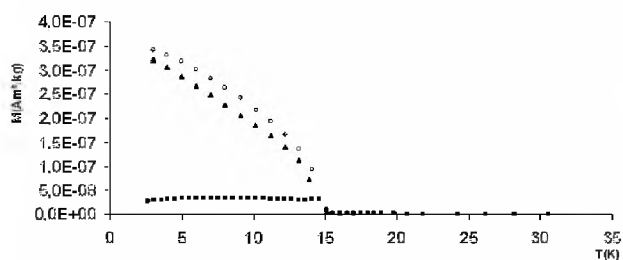
В деяких речовинах спостерігається також фазові переходи у цілий ряд інших магнітних станів: феромагнітний, антиферомагнітний, феромагнітний, стан спінового скла.

Такі фазові переходи відбуваються за певних умов і залежать від зовнішніх чинників (величини зовнішнього магнітного поля, температури, умов нагрівання, тощо), і відносяться до речовин з атомним магнітним порядком.

Слід розрізнити два основних типа атомного магнітного порядку — феромагнітний і антиферомагнітний. У цих речовин слід розрізнити речовини з додатною обмінною взаємодією ($\epsilon_{\text{вз.об}} > 0$) — феромагнети-

ки. До таких речовин відносяться кристали заліза, кобальту, нікелю, сплави та сполуки хрому та марганцю з не феромагнітними елементами. Феромагнетизм у цих речовин спостерігається в інтервалі температур від 0 К до певної температури – точки Кюрі θ_f , вище якої феромагнетика поведуть себе як парамагнетика.

As₂Se₃ Mn5% 0,0005T

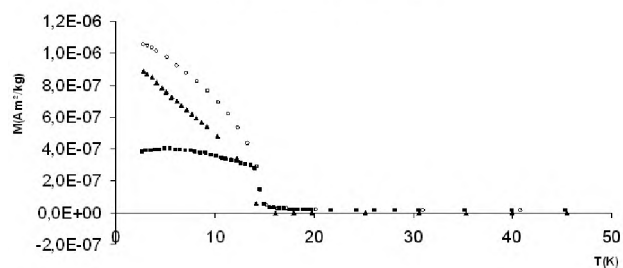


- ZFCSe 5 Mn 0.0005T
- FCSe
- ▲ TRMSe

Мал. 3. Температурна залежність питомого магнітного моменту As_2Se_3 , легованого марганцем 5% ваги, у магнітному полі 0,0005 Тл

На мал. 3 показана температурна залежність питомого магнітного моменту As_2Se_3 , легованого марганцем 5% ваги, у магнітному полі 0,0005 Тл. Фазовий перехід у феромагнітний стан спостерігається при температурі 15 К – це температура Кюрі, яка може бути визначена з графіку. Величина магнітного поля настільки мала, що охолодження зразка без магнітного поля приводить до існування двох значень питомого магнітного моменту в різних інтервалах температур $T < 15$ К та $T > 15$ К. Збільшення величини зовнішнього магнітного поля для цього зразка до 0,008 Тл приводить до збільшення питомого магнітного моменту, залишаючи без змін величину температури Кюрі. На мал. 4 приведена залежність, що ілюструє це твердження.

As₂Se₃ Mn5% 0,008T



- ZFCSe 5 Mn 0.008T
- FCSe
- ▲ TRMSe

Мал. 4. Температурна залежність питомого магнітного моменту As_2Se_3 , легованого марганцем 5% ваги, у магнітному полі 0,008 Тл

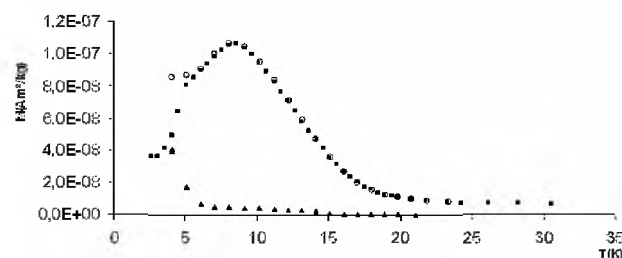
В останніх двох випадках (мал. 3 та мал. 4) величина енергії обмінної взаємодії має залежність від зовнішнього магнітного поля і питомий магнітний момент при температурі 15 К має більше значення ніж при знаходженні зразка в полі 0,0005 Тл. Виявляється, що зміна кількості домішки марганцю у As_2Se_3 до 2% ваги дає можливість спостерігати ще один випадок. Коли речовина переходить у анти феромагнітний стан.

Розглянемо уважно залежність, приведену на мал. 5 та 5 а. Поведінка температурної залежності питомого магнітного моменту подібна до такої залежності для антиферомагнетика. Антиферомагнетик це речовина з від'ємною обмінною взаємодією ($\epsilon_{вз.об} < 0$), а також з повною компенсацією результуючого магнітного моменту у кожній елементарній магнітній ділянці речовини. До цього типу магнетиків відносяться кри-

стали хрому, α – марганцю, частина рідкоземельних металів. Всі вони, так само як і феромагнетика, володіють деякою критичною температурою (антиферомагнітна точка Кюрі, або температура Нееля θ_N), вище якої речовина поводить себе майже як звичайний парамагнетик, що підкоряється закону Кюрі-Вейсса.

$$\chi_{\text{ММ}} = C/(T - \theta_N) \quad (2)$$

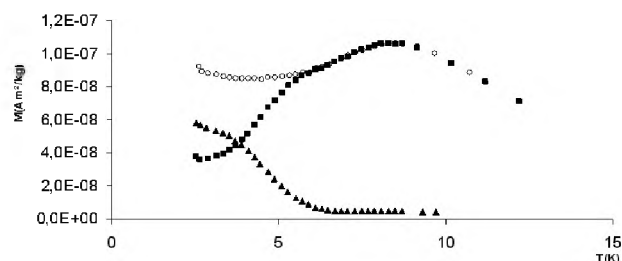
As₂Se₃ Mn2% 0,008T



- ZFCSe 2 Mn 0.008T
- FCSe
- ▲ TRMSe

Мал. 5. Температурна залежність питомого магнітного моменту As_2Se_3 , легованого марганцем 2% ваги, у магнітному полі 0,008 Тл

As₂Se₃ Mn2% 0,008T



- ZFCSe 2 Mn 0.008T
- FCSe
- ▲ TRMSe

Мал. 5 а. Температурна залежність питомого магнітного моменту As_2Se_3 , легованого марганцем 2% ваги, у магнітному полі 0,008 Тл

З малюнка 5 а легко знайти температуру Нееля – це 9 К.

Зважаючи на те, що зменшення концентрації домішки марганцю приводить до зміни енергії обмінної взаємодії можна припустити, що молекули As_2Se_3 “екранують” найближче оточення магнітної домішки. Це екранування можна спостерігати у малих магнітних полях при низьких температурах.

Для проведення дослідів були використані зразки, отримані у лабораторії напівпровідників Кам'янець-Подільського університету.

Автори висловлюють подяку співробітникам науково-дослідної лабораторії Віхурі (університет м. Турку, Фінляндія) за співпрацю у вимірюванні температурних залежностей питомого магнітного моменту розглянутих зразків.

Список використаних джерел:

1. *Вонсовский С.В.* Магнетизм. – М.: Наука, 1971. – 1032 с.
2. *Temperature dependence of magnetic moment of the chalcogenide glasses As_2Se_3 , doped by manganese, depending on size of magnetic field.* – The 2nd international conference on materials science and condensed matter physics. – Chisinau, 2004. – P.78 (abstract).

Отримано: 22.06.2004