

СЕКЦІЯ «ФІЗИКА, ПЕДАГОГІКА ТА ОСВІТА»

УДК 537.638.5

МАГНЕТОКАЛОРИЧНИЙ ЕФЕКТ В ПОЛІКРИСТАЛІЧНОМУ МАНГАНІТІ $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.1}\text{Mn}_{1.1}\text{O}_3$

Е. Є. Зубов, Д. В. Антонів

Технологія магнетокалоричного перетворення енергії у вузькозонних мультифероїках і сплавах з перехідними металами з метою створення високоефективних твердотільних охолоджувальних систем нового типу, які не містять екологічно шкідливих речовин, має значну перевагу порівняно з традиційними газокompресорними методами [1]. Попереднє вивчення авторами магнітної поведінки допованих манганітів і сплавів на основі марганцю, як сполук найбільш прийнятних по вартості, антикорозійності, легкості варіювання температури Кюрі і процесу виробництва, вказало на хорошу перспективу їх використання в якості робочого тіла для рефрижераторів [2–4].

Передбачається, що такі чинники, як допущання, наноструктуризація і електрон-фононна взаємодія мають суттєвий вплив на магнітний фазовий перехід і температурний хід намагніченості у вузькозонних мультифероїках.

В даній роботі на основі експериментальних даних [5] по ізотермічним польовим залежностям намагніченості при різних температурах для полікристала $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.1}\text{Mn}_{1.1}\text{O}_3$ з надлишком марганцю проведена оцінка ентропійної зміни $-\Delta S$, а також відносної охолоджувальної потужності при магнетокалоричному ефекті для фіксованих величин магнітного поля. В основу розрахунку $-\Delta S$ покладено відоме співвідношення Максвелла:

$$\Delta S_M(T, H) = S_M(T, H) - S_M(T, 0) = \int_0^H \left(\frac{\partial M(T, H)}{\partial T} \right)_H dH, \quad (1)$$

де $S_M(T, H)$ і $M(T, H)$ – ентропія і намагніченість системи як функції температури T і магнітного поля H . Використовуючи досить детальні експериментальні ізотерми польових залежностей намагніченості $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.1}\text{Mn}_{1.1}\text{O}_3$ в околиці температур 230–315 К поблизу фазового переходу в феромагнітний стан, шляхом лінійної інтерполяції встановлена неперервна функція $M(T, H)$, яка зображена в тривимірному просторі на рис. 1.

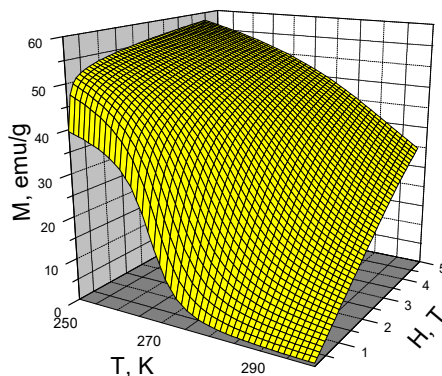


Рис. 1. Намагніченість M полікристала $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.1}\text{Mn}_{1.1}\text{O}_3$ поблизу температури Кюрі $T_C=271$ К як функція температури T і магнітного поля H (в одиницях Т)

На рис. 2 представлені температурні залежності від'ємного приросту ΔS_M магнітної ентропії досліджуваного зразка поблизу критичної температури для різних змін ΔH магнітного поля, які розраховані за допомогою співвідношення (1) і отриманої функції $M(T, H)$ на рис. 1. Видно, що при зміні магнітного поля до 6 Т можна отримати величину $-\Delta S_M = 7.2$ Дж/кгК, яка є досить значною по величині, враховуючи, що для коштовних металоїдів з рідкісноземельними іонами $-\Delta S_M \sim 12\text{--}14$ Дж/кгК.

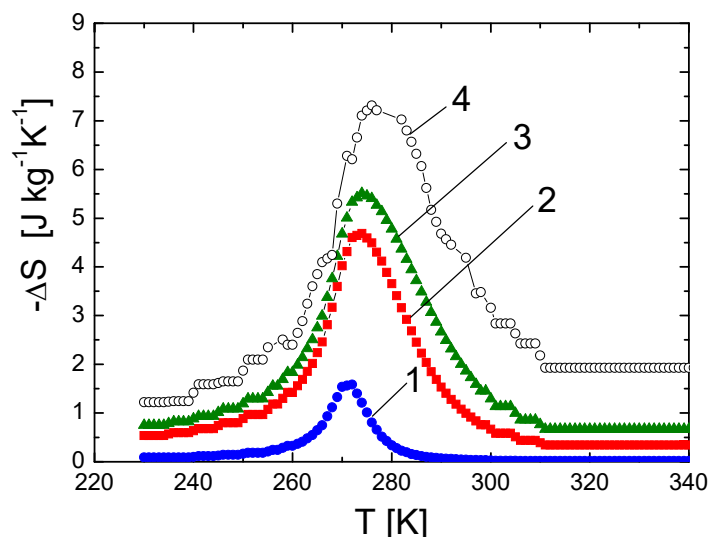


Рис. 2. Температурна залежність від'ємного приросту ΔS_M магнітної ентропії для $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.1}\text{Mn}_{1.1}\text{O}_3$ зразка при зміні магнітного поля $\Delta H = 0.5, 2.5, 3.5$ і 6 Т (криві 1–4, відповідно)

Представляє інтерес також величина відносної охолоджувальної потужності RCP, яка розраховується по формулі

$$\text{RCP}(S) = \Delta S_{\text{max}} \cdot \Delta T_{\text{FWHM}}, \quad (2)$$

де ΔS_{max} є пікова величина $\Delta S_M(T)$, а ΔT_{FWHM} – ширина піка на половині його висоти. З рис. 2 легко отримати, що при $\Delta H = 6$ Т величина $\text{RCP}(S) = 238$ Дж/кг.

Таким чином, досить висока охолоджувальна потужність полікристалів $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{Mn}_{1.1}\text{O}_3$ з надлишковим марганцем робить ці матеріали хорошими кандидатами в якості рефрижерантів для технології магнітного охолодження поблизу кімнатних температур.

Література

1. Kitanovski A., Tusek J., Tomc U. et al. Magnetocaloric Energy Conversion (Springer: Switzerland, 2015, DOI 10.1007/978-3-319-08741-2).
2. Dyakonov V., Bažela W., Duraj R. et al. Grain size effect on magnetic properties of REMnO_3 (RE = Pr, Nd). *Фізика низьких температур*. 2013. Т. 39, № 4. Р. 452–458.
3. Sazanovich A., Pietosa J., Pashchenko A., Zubov E. et al. Influence of Nonstoichiometry on Magnetocaloric Effect in $(\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})_{1-x}\text{Mn}_{1+x}\text{O}_3$. *Acta Physica Polonica A*. 2012. V. 122. N 1. P. 162–166.
4. Szymczak R., Nedelko N., Lewinska S., Zubov E. et al. Comparison of magnetocaloric properties of the $\text{Mn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{P}_{0.5}\text{As}_{0.5}$ ($x=1.0$ and 0.7). *Solid State Science*. 2014. V. 36, P. 29–34.
5. Zubov E., Pashchenko A., Nedelko N. et al. Magnetic and magnetocaloric properties of the $\text{La}_{0.9-x}\text{Ag}_x\text{Mn}_{1.1}\text{O}_3$ compounds. *Фізика низьких температур*. 2017. Т. 43. № 10. С. 1493–1499.