УДК 669.15.865 : 536.413.2

ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ С15 КВАЗИБИНАРНОЙ СИСТЕМЫ $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$

А. С. Илюшин, А. А. Николаев, О. В. Михнев

(кафедра физики твердого тела)

В работах [1, 2] было установлено, что интерметаллиды $C15$ квазибинарных систем $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$ и $Tb_{1-x}Ho_xCo_2$ при магнитном упорядочении испытывают дисторсионные фазовые переходы, сопровождающиеся аномалиями теплового расширения. Особый интерес представляет изучение закономерностей трансформации кристаллической структуры интерметаллидов при спиновой переориентации [1—3]. Развитая в [4, 5] методика низкотемпературных рентгеновских исследований позволяет определять направление вектора спонтанного магнитного момента непосредственно по рентгенодифракционным данным, полученным на поликристаллах.

Целью настоящей работы явилось рентгеновское изучение теплового расширения интерметаллидов $C15$ квазибинарной системы $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$ в интервале температур от 5 до 300 К. Методика синтеза и термической обработки интерметаллидов, а также аппаратура и методика рентгеновской дилатометрии подробно описаны в работах [1—3].

Согласно [6] интерметаллиды $TbAl_2$ и $HoAl_2$ являются ферромагнетиками с температурами Кюри T_C, равными соответственно 114 и 27 К. Рентгеновский фазовый анализ интерметаллидов системы $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$, проведенный при комнатной температуре, показал, что все они однофазны и изоструктурны кубической фазе Лавеса $MgCu_2$(C 15), пр. гр. O^7_h. С увеличением содержания гольмия в системе $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$ период кристаллической решетки интерметаллидов практически линейно уменьшается от 7,860 Å для $TbAl_2$ до 7,802 Å для $HoAl_2$.

Охлаждение интерметаллида $TbAl_2$ до 5 К привело к трансформации его рентгенодифракционного спектра, заключающейся в уширении, а в ряде случаев и в расщеплении профиля определенных дифракционных максимумов. Анализ характера трансформации рентгеновской дифракционной картины, проведенный по методике, описанной в работе [5], показал, что при 5 К структура интерметаллида $TbAl_2$ становится ромбоэдрической (пр. гр. D^5_{3d}). Эта низкосимметричная фаза в интерметаллиде $TbAl_2$ устойчива вплоть до температуры 114 К, выше которой стабильна кубическая фаза $C15$.

При описании низкосимметричных структур интерметаллидов, возникающих в результате небольших искажений ($\sim 10^{-3}$) кубических фаз типа $C15$, целесообразно использовать псевдокубическое представление [5]. В этом случае элементарные ячейки фаз до и после перехода являются общими. Ромбоэдрическое искажение структуры фазы С15 характеризуется параметром ε, представляющим собой отклонение угла между осями ⟨100⟩ от 90°.

На рис. 1(*1*) приведены кривые температурной зависимости объема $V_{ф.е}$, приходящегося на формульную единицу интерметаллида $TbAl_2$. Видно, что с понижением температуры от 300 до 114 К $V_{ф.е}$ монотонно уменьшается от 60,70 до 60,32 Å. При 114 К в ходе температурной кривой для $V_{ф.е}$ наблюдается аномалия. Пунктиром для сравнения показан ход температурной зависимости $V_{ф.е}$ соединения YAl_2 с

такой же структурой, но не имеющего фазовых переходов. Видно, что переход $TbAl_2$ в магнитоупорядоченное ферромагнитное состояние сопровождается уменьшением объема $V_{ф.е}$.

График температурной зависимости параметра ромбоэдрических искажений ε для $TbAl_2$ показан на рис. 2. Видно, что с ростом температуры от 5 до 114 К ε монотонно уменьшается от $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ до нуля.

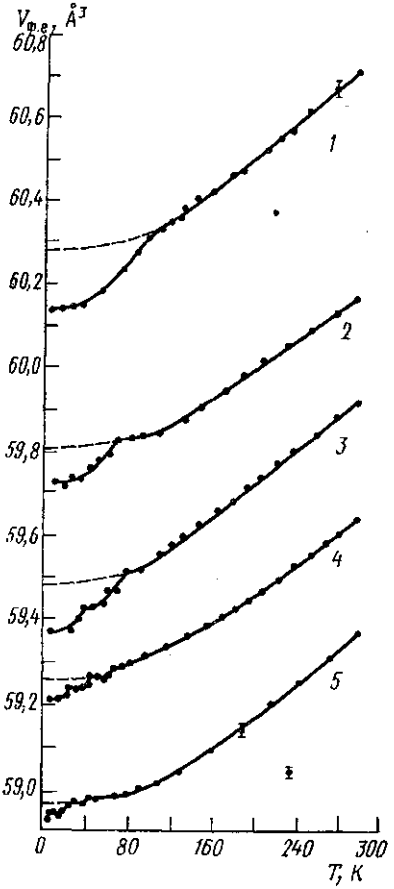

Рис. 1. Кривые температурных зависимостей объемов $V_{ф.е}$, приходящихся на формульную единицу в соединениях $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$ составов (по x) 0(*1*); 0,4(*2*); 0,6(*3*); 0,8(*4*) и 1,0(*5*)

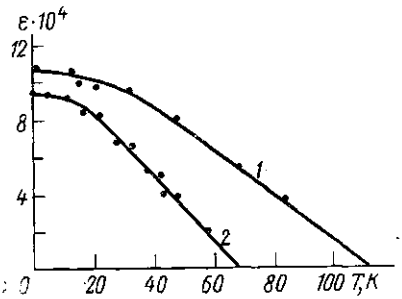

Рис. 2. Кривые температурных зависимостей параметров ромбоэдрических искажений ε соединений $TbAl_2$ (*1*) и $Tb_{0,6}Ho_{0,4}Al_2$ (*2*)

Последовательное изоморфное замещение 20,40 и 60% атомов тербия атомами гольмия не изменяет характера трансформации кристаллической структуры интерметаллидов системы $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$ при переходе в ферромагнитное состояние. Как и в случае $TbAl_2$, структура этих интерметаллидов в магнитоупорядоченной фазе испытывает ромбоэдрические искажения. Однако абсолютная величина параметра ε уменьшается с ростом концентрации гольмия (см. рис. 2). На рис. 1 (*2*, *3*) приведены кривые температурных зависимостей $V_{ф.е}$ для интерметаллидов $Tb_{0,6}Ho_{0,4}Al_2$. Видно, что ход этих кривых и характер наблюдающихся аномалий аналогичны наблюдавшимся для $TbAl_2$

(ср. кривые *2*, *3* и *1* рис. 1). Отличие заключается лишь в меньших значениях T_C и в том, что по абсолютной величине аномальное уменьшение объема $V_{ф.е}$ тем меньше, чем больше концентрация гольмия.

Изоморфное замещение 80% атомов тербия атомами гольмия привело к появлению на кривой температурной зависимости $V_{ф.е}$ для соединения $Tb_{0,2}Ho_{0,8}Al_2$ двух аномалий (см. рис. 1, *4*). Первая аномалия при температуре 44 К обусловлена переходом интерметаллида $Tb_{0,2}Ho_{0,8}Al_2$ в ферромагнитное состояние. Вторая аномалия при 21 К связана со спиновой переориентацией вектора магнитного момента **M** от направления ⟨111⟩ к направлению ⟨110⟩. В пользу этого свидетельствуют закономерности искажения профилей дифракционных максимумов на дифрактограммах, а также ранее полученные данные [1, 2].

Кривая температурной зависимости $V_{ф.е}$ для соединения $HoAl_2$ приведена на рис. 1 (*5*). Аномалия на кривой, наблюдающаяся при температуре 27 К, также вызвана переходом в ферромагнитное состояние. Однако на дифрактограммах интерметаллида $HoAl_2$, полученных при температурах ниже 27 К, каких-либо искажений профилей дифракционных максимумов обнаружить не удалось. Это указывает на то, что во всем исследованном температурном интервале от 5 до 300 К интерметаллид $HoAl_2$ обладает кубической структурой типа $C15$. Аналогичный факт имел место и в случае интерметаллида $HoFe_2$ [1].

Итак, проведенное изучение теплового расширения интерметаллических соединений квазибинарной системы $Tb_{1-x}Ho_xAl_2$ показало, что переход в магнитоупорядоченное ферромагнитное состояние сопровождается аномальным уменьшением объема $V_{ф.е}$. Соединения, содержащие тербий, кроме того, претерпевают дисторсионные фазовые переходы, вызванные спонтанной магнитострикцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Кириличева Л. А., Илюшин А. С., Перов А. П. ФММ, 1981, 52, с. 430. [2] Илюшин А. С. и др. ФММ, 1983, 56, с. 1127. [3] Тебеньков Ю. В., Илюшин А. С., Перов А. П. Деп. ВИНИТИ № 3415-82. М., 1982. [4] Тебеньков Ю. В., Илюшин А. С. Деп. ВИНИТИ № 300-82. М., 1982. [5] Кириличева Л. А., Илюшин А. С., Тебеньков Ю. В. Деп. ВИНИТИ № 775-82. М., 1982. [6] Тейлор К. Интерметаллические соединения редкоземельных металлов. М.: Мир, 1974.

Поступила в редакцию
18.11.83

ДЕПОНИРОВАННЫЕ СТАТЬИ

УДК 535.373.132

Фотолюминесценция сульфида стронция, активированного европием / Аллсалу М.-Л. Ю., Кондаков О. В., Михайлин В. В., Нелипа В. В., Педак Э. Ю.

Приводятся результаты исследования люминесцентных свойств серии образцов сульфида стронция, активированного европием. Исследовалось влияние условий синтеза и концентрации активатора на спектры люминесценции и возбуждения люминесценции, а также температурная зависимость спектров люминесценции. В спектрах свечения сульфида стронция, активированного европием, наблюдалась полоса 1,96 эВ, приписываемая свечению Eu^{2+}, а также ряд перекрывающихся полос, интенсивность которых менялась в зависимости от условий синтеза и температуры измерений. Спектр возбуждения свечения Eu^{2+}-центра состоит из системы полос в области 2—3 эВ и в области около 4,5 эВ.
Деп. ВИНИТИ № 2449-84 от 18.04.84