УДК 669.866.018:448.7

ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА КВАЗИБИНАРНОЙ СИСТЕМЫ $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$, СИНТЕЗИРОВАННОЙ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

А. С. Илюшин, И. А. Никанорова, А. В. Цвященко, М. А. А. Гудаев, Ши Лей*), Дзо Гуэнь*)

(кафедра физики твердого тела)

Синтезированы при давлениях до 8 ГПа и исследованы методами рентгеновского дифракционного анализа сплавы квазибинарной системы $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$. Построена фазовая диаграмма системы в координатах «состав—давление».

Целью настоящей работы было синтезирование при высоких давлениях (до 8 ГПа) сплавов системы $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$ и построение для нее фазовой диаграммы в координатах «состав—давление».

Образцы сплавов квазибинарной системы $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$ выплавлялись из металлов чистотой 99,99% в индукционной печи в атмосфере аргона методом бестигельной плавки [1]. Сплавы имели следующие составы (по x): 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95 и 1,0.

Синтез сплавов при высоких давлениях (от 1,5 до 8 ГПа) осуществлялся в камере типа «Тороид», разработанной в Институте физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина, методом закалки из расплава порошков соединений, предварительно выплавленных при атмосферном давлении. Градуировка камеры высокого давления проводилась по реперным точкам эталонов церия, висмута и бария с известными характеристиками аллотропных превращений [2, 3].

Рентгеновское структурное исследование проводилось на порошковых образцах на дифрактометре «Riqaky Denki» с использованием монохроматического излучения от медного анода.

Рентгеновский фазовый анализ сплавов системы $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$, синтезированных при атмосферном давлении, показал, что во всем интервале концентраций $0 \leqslant x \leqslant 1$ сплавы однофазны и их структура изотипна кубической фазе Лавеса $C15$. Более детальное изучение рентгендифракционных характеристик показало, что структура соединения $TbFe_2$ не кубическая, а ромбоэдрическая $R\bar{3}m$. Однако эту ромбоэдрическую структуру легко получить из кубической структуры $Fd\bar{3}m$ типа $C15$ за счет небольшой деформации ($\sim 10^3$) кубического кристалла вдоль оси ⟨111⟩ [4].

Эта ромбоэдричность сохраняется и в сплавах системы $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$ при изоморфном замещении атомов железа атомами марганца до концентрации $x=0{,}3$. При увеличении концентрации марганца в системе от $x=0{,}3$ до $x=0{,}5$ характер искажений становится более сложным (близким к моноклинному), а величина искажений уменьшается. Начиная с концентрации $x=0{,}5$ и до $x=1$ сплавы обладают кубической структурой.

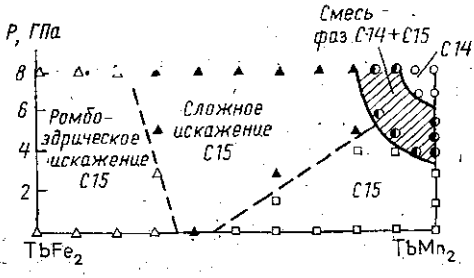
Рентгеновское исследование интерметаллического соединения $TbMn_2$ обнаружило следующие закономерности трансформации его структуры в зависимости от давления, при котором проводился синтез. Структура образцов $TbMn_2$, синтезированных при 1,5 и 3,0 ГПа, оставалась изотипной структуре кубической фазы Лавеса $C15$. Образцы интерметаллического соединения $TbMn_2$, синтезированные при давлениях 7,0 и 8,0 ГПа, были однофазными, однако их структура оказалась не кубической, а гексагональной, изотипной фазе Лавеса типа $MgZn_2$ ($C14$). В промежуточной области давлений, при которых проводился синтез, образцы $TbMn_2$ оказались двухфазными и состояли из смеси фаз $C14$ и $C15$.

Изучение зависимости структуры сплавов от давления показало, что в области составов $x=0{,}85$; 0,90 и 0,95 при повышении давления до 6 и 5 ГПа соответственно кубическая модификация $C15$ становилась неустойчивой и трансформировалась в двухфазную смесь фаз $C15$ и $C14$. Сплав состава $x=0{,}95$ при давлении 7 ГПа становился однофазным и изоструктурным гексагональной фазе Лавеса $C14$.

Полученные в работе данные о фазовом составе и структуре сплавов квазибинарной системы $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$ суммированы в виде фазовой диаграммы, построенной в координатах «состав—давление» и изображенной на рисунке. Диаграмма состоит из пяти фазовых полей, каждому из которых соответствует определенное состояние системы. В области составов, богатых марганцем, при высоких давлениях формируется гексагональная фаза Лавеса $C14$, при более низких и нормальном дав-

*) Китай.

лениях образуется кубическая фаза Лавеса *C15*. Эти фазы отделены друг от друга двухфазной областью. По мере увеличения концентрации железа в системе кубическая фаза *C15* претерпевает сложное искажение атомно-кристаллической структуры, а затем структура становится ромбоэдрической.



Фазовая диаграмма квазибинарной системы $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$

Итак, нами показано, что методами синтеза сплавов при высоких давлениях в системе $Tb(Fe_{1-x}Mn_x)_2$ удается сформировать метастабильную полиморфную гексагональную модификацию типа *C14*, в которой при давлении 8 ГПа можно заместить более 5% атомов марганца атомами железа. Это обстоятельство позволило изучить влияние полиморфизма на сверхтонкие магнитные взаимодействия в сплавах этой системы методами мёссбауэровской спектроскопии [5], т. е. установить корреляцию между типом атомно-кристаллической структуры сплавов и их физическими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Илюшин А. С.//ФММ. 1977. **43**. С. 1249. [2] Стронг Г.//Современная техника сверхвысоких давлений. М., 1964. С. 154. [3] Khvostantsev L. G.//High Temp.-High Pressure. 1977. **9**, N 6. P. 637. [4] Илюшин А. С., Кириличева Л. А., Перов А. П., Тебеньков Ю. В.//Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1983. **24**, № 6. С. 18. [5] Илюшин А. С., Никанорова И. А., Русаков В. С. и др.//Тез. докл. 5-го Междунар. совещ. по ядерно-спектроскопическим исследованиям сверхтонких взаимодействий. Дубна, 1993.

Поступила в редакцию
28.06.93

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1994. Т. 35, № 1

УДК 539.126

ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ АМОРФНОГО СПЛАВА $Fe_{84}B_{16}$ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

А. А. Новакова, Т. Ю. Киселева, И. А. Александрова
(кафедра физики твердого тела)

Исследованы механизм и кинетика кристаллизации аморфного сплава $Fe_{84}B_{16}$ с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии, термомагнитного анализа, рентгенодифракционного анализа и температурной съемки мёссбауэровских спектров в интервале температур от 25 до 575 °С. Определены температуры кристаллизации, эффективная энергия активации начала кристаллизации, температуры Кюри и температурные зависимости магнитных сверхтонких параметров для аморфной матрицы и выделившихся кристаллических фаз.

Проблема термической стабильности аморфного состояния является одной из важнейших в физике аморфных металлических сплавов, так как в процессе кристаллизации изменяются практически все физические свойства этих материалов. Сочетание возможностей современных методик изучения материалов, таких, как дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), термомагнитный анализ (ТМА), рентгендифракционный анализ и мёссбауэровская спектроскопия, позволяет дать полное описание процесса кристаллизации, его кинетики и изменения различных физических параметров аморфного состояния.

В данной работе изучался как модельная система аморфный сплав $Fe_{84}B_{16}$, полученный методом спиннингования расплава в виде ленты толщиной 20 мкм и шириной 10 мм. Полученные при этом результаты могут являться базисными при изучении характеристик кристаллизации более сложных систем аморфных сплавов. Аморфность исходного образца была проверена с помощью мёссбауэровской спектроскопии и рентгеновской дифракции.