

Магнитные свойства твердых растворов $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$

© Г.И. Маковецкий, С.С. Дорофейчик, Т.М. Ткаченко, О.Ф. Демиденко

ГО „Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению“, Минск, Беларусь

E-mail: makovets@ifftp.bas-net.by

(Поступила в Редакцию 3 апреля 2008 г.
В окончательной редакции 10 июня 2008 г.)

Методом реакции в твердой фазе с использованием ступенчатого температурного режима получены твердые растворы системы $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x \leq 0.5$) со структурой типа Ni_2In . Постоянные кристаллической ячейки a и c уменьшаются с увеличением концентрации железа в сплавах и для сплава $(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{1.68}\text{Sn}$ составляют $a = 0.430 \text{ nm}$, $c = 0.538 \text{ nm}$. Обнаружено присутствие сверхструктуры с параметрами ячейки $a_{ss} = 3a$ и $c_{ss} = c$. Удельная намагниченность сплавов нелинейно возрастает от $53 \text{ G} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ в сплаве $\text{Mn}_{1.68}\text{Sn}$ до $72 \text{ G} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ в твердом растворе $(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{1.68}\text{Sn}$. Температура Кюри изменяется от 270 К в исходном $\text{Mn}_{1.68}\text{Sn}$ до 365 К в сплаве состава $(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{1.68}\text{Sn}$. Все твердые растворы системы $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x \leq 0.5$) в области температур 77–450 К проявляют металлический характер проводимости.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Ф06-091).

PACS: 75.25.+z, 75.50.Gg

1. Введение

Станниды переходных металлов кристаллизуются в гексагональную структуру типа Ni_2In и обладают интересными магнитными и электрическими свойствами. Авторами [1,2] в системе твердых растворов со структурой $B8_2$ на основе станнида марганца $(\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x)_{1.68}\text{Sn}$ при температурах ниже 170 К обнаружено существование состояния спинового стекла. Так как магнитные и электрические свойства твердых растворов в значительной мере определяются концентрацией и типом катионов замещения, то, вероятно, их можно в определенных пределах варьировать, изменяя тип замещающих катионов и их концентрацию. Поэтому представляется вероятным, что если в станниде марганца произвести замещение части атомов марганца атомами железа, то можно ожидать получения широкой области твердых растворов с изменяющимися свойствами.

2. Методика эксперимента

Образцы твердых растворов $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x = 0 \div 0.5$) синтезированы из порошков исходных элементов с интервалом по концентрации $\Delta x = 0.1$ в кварцевых ампулах при нагревании в электрической печи с последующей закалкой в холодную воду. Рентгенографический анализ осуществлен в $\text{CuK}\alpha$ -излучении при комнатной температуре на порошках, приготовленных из синтезированных слитков сплавов. Измерения их удельной намагниченности выполнены методом Фарадея в области температур 77–450 К в поле $H = 0.86 \text{ T}$. Удельное электросопротивление образцов в виде спрессованных таблеток диаметром 12 mm и высотой 5 mm измеряли четырехзондовым методом в атмосфере аргона.

3. Результаты исследований

Расчет постоянных элементарной кристаллической ячейки сплавов системы произведен на базе структуры типа Ni_2In с помощью программы FullProf. На рентгенограммах кроме рефлексов основной фазы типа Ni_2In пространственной группы $P6_3/mmc$ наблюдаются сверхструктурные рефлекссы, которые индицируются на основе кристаллической ячейки той же пространственной группы с параметрами $a_{ss} = 3a$, $c_{ss} = c$. Результаты расчетов постоянных элементарной ячейки сплавов системы $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ представлены в таблице и на рис. 1. Из рисунка видно, что постоянные a и c линейно уменьшаются с увеличением содержания железа в сплавах.

Температурные зависимости удельной намагниченности сплавов шести составов представлены на рис. 2, а численные величины удельной намагниченности, определенные из измерений при 77 К, приведены в таблице. В этой же таблице показаны и значения температур Кюри сплавов указанных составов, определенные с помо-

Параметры элементарной ячейки a и c , значения отношения c/a , удельной намагниченности при 77 К и температуры Кюри твердых растворов $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$

| Состав | a, nm | c, nm | c/a | $\sigma_{77}, \text{G} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | T_c, K |
|--|----------------|----------------|-------|---|-----------------|
| $\text{Mn}_{1.68}\text{Sn}$ | 0.4393 | 0.5506 | 1.253 | 53.1 | 270 |
| $(\text{Mn}_{0.9}\text{Fe}_{0.1})_{1.68}\text{Sn}$ | 0.4362 | 0.5464 | 1.253 | 56.0 | 265 |
| $(\text{Mn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2})_{1.68}\text{Sn}$ | 0.4342 | 0.5437 | 1.252 | 55.2 | 260 |
| $(\text{Mn}_{0.7}\text{Fe}_{0.3})_{1.68}\text{Sn}$ | 0.4330 | 0.5421 | 1.252 | 59.3 | 280 |
| $(\text{Mn}_{0.6}\text{Fe}_{0.4})_{1.68}\text{Sn}$ | 0.4318 | 0.5404 | 1.251 | 64.0 | 320 |
| $(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{1.68}\text{Sn}$ | 0.4302 | 0.5380 | 1.251 | 72.4 | 365 |

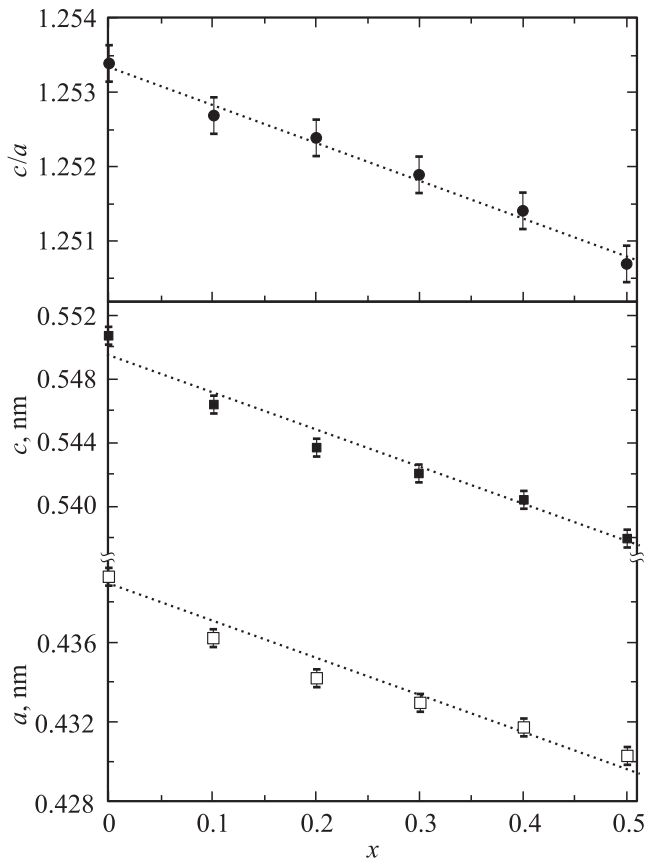


Рис. 1. Концентрационные зависимости параметров элементарной ячейки a и c , а также отношения c/a твердых растворов системы $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x \leq 0.5$).

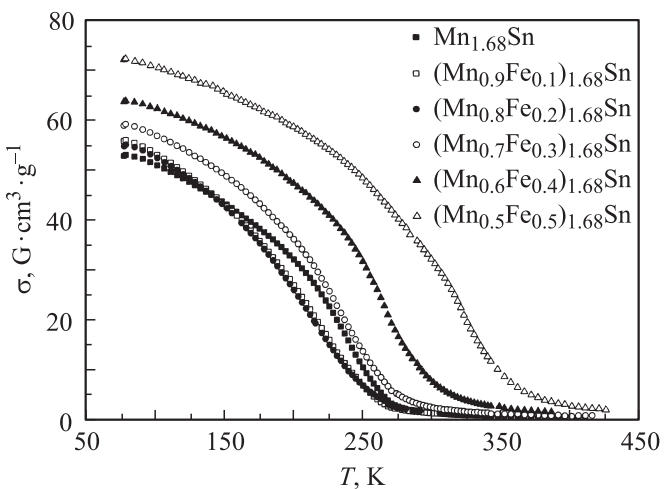


Рис. 2. Температурные зависимости удельной намагниченности твердых растворов $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x \leq 0.5$).

щью экстраполяции линейной части кривой зависимости квадрата удельной намагниченности от температуры к оси температур. Концентрационные зависимости температуры Кюри и удельной намагниченности σ_{77} сплавов системы представлены на рис. 3. Из приведенной табли-

цы и рис. 3 видно, что величина удельной намагниченности сплавов нелинейно возрастает от $53 \text{ G} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ в сплаве $\text{Mn}_{1.68}\text{Sn}$ до $72 \text{ G} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ в сплаве состава $(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{1.68}\text{Sn}$. Температура Кюри сплава исходного состава $\text{Mn}_{1.68}\text{Sn}$ близка к 270 K , что несколько выше значений, полученных другими исследователями. Температуры Кюри сплавов составов с $x = 0.1$ и 0.2 несколько ниже, чем у исходного соединения. Такое ее понижение следует ожидать, если считать, что указанные сплавы являются ферримагнетиками. Начиная со сплава состава $(\text{Mn}_{0.7}\text{Fe}_{0.3})_{1.68}\text{Sn}$ температура Кюри повышается до 280 K и в сплаве состава $(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{1.68}\text{Sn}$ достигает 365 K . Такое поведение магнитных характеристик исследованных сплавов, возможно, является проявлением магнитного фазового перехода. Надеемся, что характер и особенности концентрационного изменения магнитных параметров сплавов удастся объяснить на основании результатов дальнейших мессбауэровских и нейтронографических исследований.

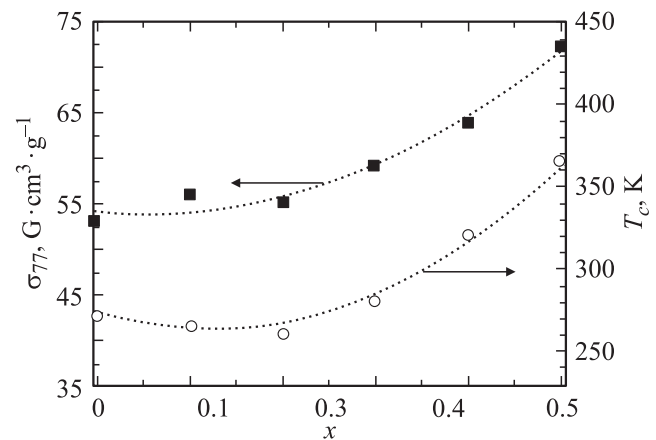


Рис. 3. Зависимости величин удельной намагниченности σ_{77} и температуры Кюри твердых растворов системы $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x \leq 0.5$) от концентрации железа в сплавах.

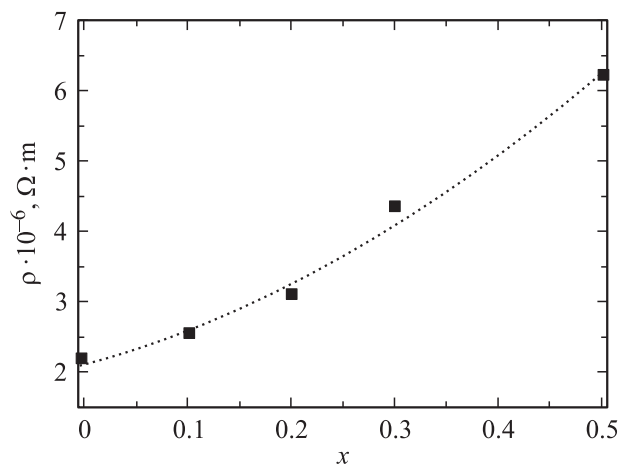


Рис. 4. Концентрационная зависимость величины удельного сопротивления при 77 K сплавов системы $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x \leq 0.5$).

Ход температурных зависимостей удельного электросопротивления, измеренного в области температур 77–430 К, свидетельствует о металлическом характере проводимости исследованных сплавов. На рис. 4 представлена концентрационная зависимость удельного электросопротивления при 77 К. Видно, что с увеличением содержания железа в сплавах ρ_{77} возрастает, что обусловлено большими структурными нарушениями, возникающими в твердых растворах, по сравнению с исходным соединением.

4. Заключение

Получены твердые растворы системы $(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_{1.68}\text{Sn}$ ($x \leq 0.5$) со структурой типа Ni_2In . Установлено, что постоянные элементарной кристаллической ячейки линейно уменьшаются от $a = 0.439$ nm и $c = 0.551$ nm у $\text{Mn}_{1.68}\text{Sn}$ до 0.430 nm и 0.538 nm соответственно у сплава $(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{1.68}\text{Sn}$. Обнаружено присутствие сверхструктуры в сплавах системы с параметрами ячейки $a_{ss} = 3a$ и $c_{ss} = c$. Удельная намагниченность сплавов σ_{77} и температура Кюри нелинейно возрастают с увеличением содержания железа в сплавах. Ход температурных зависимостей удельного электросопротивления свидетельствует о металлическом характере проводимости исследованных сплавов.

Список литературы

- [1] N. Takiwa, T. Yoshida, T. Shimomura, R. Sugi, M. Matoba, S. Anzai. Phys. Status Solidi B **189**, 1, К 33 (1995).
- [2] R. Sugi, T. Shimomura, M. Matoba, S. Satsuzaka, S. Fujii, N. Hagiwara, S. Anzai. Phys. Status Solidi B **189**, К 65 (1995).