

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИ СТАБИЛЬНОЙ СЛОИСТОЙ СИСТЕМЫ FeSn- α -Fe(Sn)

А.К. Жубаев

Актюбинский государственный университет им. К. Жубанова, Актюбе 030000, Казахстан
e-mail: mosslab.kz@km.ru

Методами мёссбауэровской спектроскопии на ядрах ^{119}Sn исследована слоистая система Sn(4 мкм)-Fe(10 мкм) после последовательного термического отжига при 550°C. Установлено образование интерметаллида FeSn. Показано, что характер фазовых превращений определяется изменением локальной концентрации олова в образце в процессе диффузии компонентов. Получена термически стабильная пространственно неоднородная система FeSn/ α -Fe(Sn).

Введение

Для диаграммы состояния бинарной системы Fe-Sn характерно с повышением температуры наличие областей существования твердого раствора α -Fe(Sn) с различными соединениями [1]. В связи с этим, система Fe-Sn является одна из немногих систем, которую можно использовать как модельную для получения термически стабильного покрытия, состоящего из интерметаллида на подложке, представляющего собой твердый раствор.

Экспериментальные методы

На одну из сторон подготовленных фольг α -Fe методом магнетронного распыления были нанесены слои олова. Толщины слоёв подбирались так, чтобы средняя по всему объему образца концентрация атомов олова находилась в двухфазной области фазовой диаграммы, которая состоит из раствора α -Fe(Sn) и интерметаллида. Температура термических отжига ($T_{\text{отж}}=550^\circ$) была выбрана, опираясь на результаты ранее проведенных исследований [2] слоистой системы Sn(0.5 мкм)-Fe(8 мкм)-Sn(0.5 мкм), подвергавшейся изохронному термическому отжигу в широком интервале температур. В работе после каждого отжига снимались мёссбауэровские спектры ядер ^{119}Sn в геометрии «на поглощение» при комнатной температуре. Обработка экспериментальных мёссбауэровских спектров проводилась методом модельной расшивки, реализованном в программном комплексе MSTools [3].

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлены мёссбауэровские спектры ядер ^{119}Sn , полученные после изотермических отжигов исследуемой слоистой системы Sn(4 мкм)-Fe(10 мкм). Видно, что картина образующихся фаз после 5 ч отжига при 550°C с увеличением времени отжига существенно не меняется. Модельная расшивочка экспериментальных спектров показала наличие двух парциальных спектров – квадрупольного дублета и секстета, которые соответствуют атомам олова в соединении FeSn, занимающим две кристаллографически неэквивалентные позиции – 1(a) и 2(d).

В работе [4] получены спектры на ядрах ^{119}Sn соединения FeSn. Было выявлено, что атомы олова занимают две позиции 1(a) и 2(d), заселен-

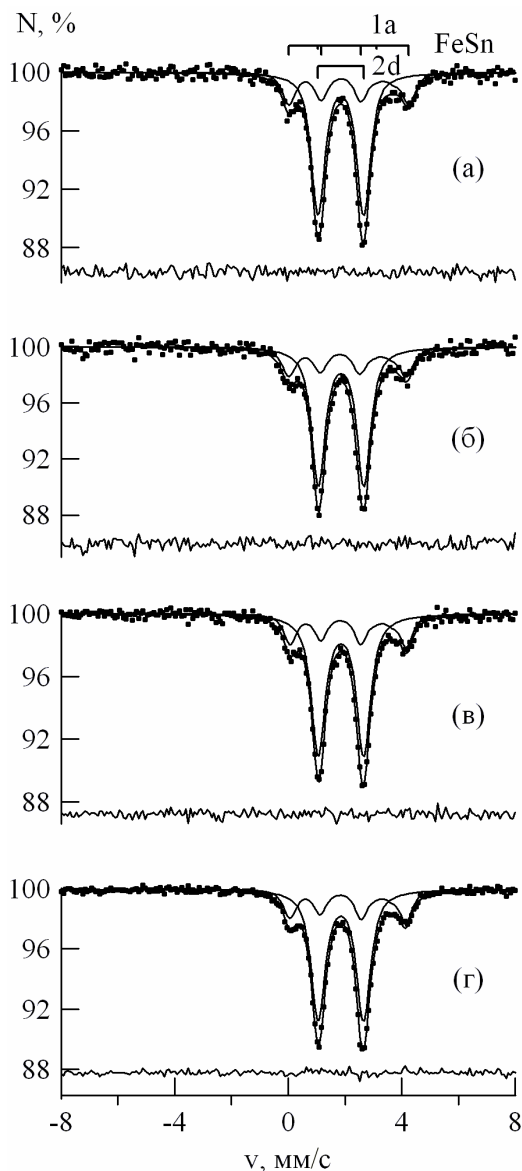


Рис. 1. Мёссбауэровские спектры ядер ^{119}Sn , полученные после последовательных изотермических отжигов слоистой системы Sn(4 мкм)-Fe(10 мкм); $t_{\text{отж}}$, ч: 5 (а), 10 (б), 15 (в), 20 (г)

ность которыми соотносятся как 1:2. Атомам во второй позиции соответствует дублет с параметрами $\delta=1,76\pm0,15$ мм/с (относительно SnO_2) и $\Delta=3,2\pm0,5$ мм/с. Низкое качество

полученных спектров и недостаточный математический аппарат обработки не позволили определить параметры секстета, который соответствует атому олова в позиции 1(а). Было высказано предположение о наличии сверхтонкого магнитного поля малого значения (порядка 5 кЭ).

Соединение FeSn было исследовано в работе [5] и получены сверхтонкие параметры для дублета $\delta=0,01\pm0,04$ мм/с (относительно Mg_2Sn) и $\Delta=1,70\pm0,10$ мм/с. Для секстета получено только значение сверхтонкого магнитного поля $H_n=28\pm4$ кЭ. В результате подробных исследований [6] интерметаллида FeSn при различных температурах были получены значения сверхтонких параметров: для секстета $\delta=2,14\pm0,05$ мм/с (относительно BaSnO_3), $\Delta=2,82\pm0,10$ мм/с и $H_n=14,4\pm1,5$ кЭ; для дублета $\delta=1,97\pm0,05$ мм/с и $\Delta=1,72\pm0,10$ мм/с.

При обработке наших экспериментальных спектров возникли затруднения. Модельная расшифровка спектров в виде суперпозиции дублета и секстета показала наличие неопределения. Поэтому для обработки спектров была использована программа HAMILTON комплекса MSTools [3]. С помощью этой программы рассчитываются положения и интенсивности компонент сверхтонкой структуры, а также моделируются спектры в случае комбинированного сверхтонкого взаимодействия, когда энергия квадрупольного электрического взаимодействия сравнима с энергией дипольного магнитного взаимодействия. При этом возможен расчет параметров и моделирование спектра любого мессбауэровского изотопа в общем случае комбинированного магнитного и электрического сверхтонких взаимодействий для поликристаллов и монокристаллов при заданной геометрии опыта.

Был смоделирован парциальный спектр атомов олова в позициях 1(а) соединения FeSn с учетом априорной информации о характеристиках (спин I, дипольный магнитный момент μ , квадрупольный электрический момент Q) основного и возбужденного состояний ядра ^{119}Sn , характеристиках мессбауэровского перехода (энергия E_γ , мультипольность L, тип излучения). Также были использованы данные о величинах и направлениях магнитного поля H_n , тензоре ГЭП $\{V_{ij}\}$, параметре асимметрии η и трех углах (α, β, γ), задающих ориентацию тензора относительно системы координат. На основе вычисленных значений энергий и относительных интенсивностей переходов с помощью программы HAMILTON были рассчитаны параметры спектра – положения и амплитуды компонент сверхтонкой структуры. В результате полученных данных были преобразованы матрица амплитуд T_A и матрица скоростей T_V , используемые при реализации «жестких» связей при поиске оптимальных значений параметров мессбауэровского спектра при обработке программой SPECTR.

С учетом внесенных изменений была проведена обработка экспериментальных

спектров. На рис.1 приведены позиции пиков для парциальных спектров.

В результате модельной расшифровки мессбауэровских спектров ядер ^{119}Sn была получена зависимость относительной интенсивности парциальных спектров для образующихся фаз от температуры отжига (рис. 2).

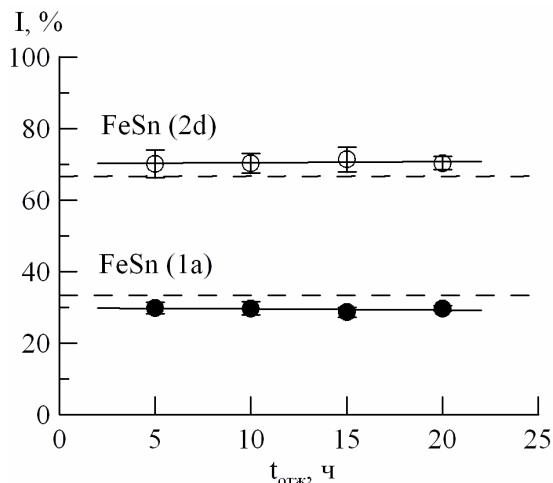


Рис. 2. Зависимости относительных интенсивностей I парциальных мессбауэровских спектров ядер ^{119}Sn в интерметаллиде FeSn от времени термического отжига $t_{отж}$ при 550°C

Известно, что интенсивность спектра для достаточно тонких образцов пропорциональна числу мессбауэровских ядер. Если предположить равенство вероятностей эффекта Мессбауэра для различных неэквивалентных позиций, то относительная интенсивность парциального спектра равна относительной заселенности мессбауэровскими атомами этих позиций. Поэтому полученные зависимости можно интерпретировать как зависимости относительного содержания фаз в атомных единицах Sn.

На рис. видно, что после отжига в течение 5 ч относительное содержание атомов олова в позиции 1(а) составляет $\approx 30\%$ и в результате последующих отжигов практически не меняется. Пунктирными линиями приведено относительное содержание атомов олова в различных позициях в FeSn [8].

Для атомов олова, находящихся в позициях 1(а), которым соответствует секстет, рассчитаны параметры δ , ε и H_n . На рис. 3 приведена зависимость эффективного магнитного поля H_n на ядрах ^{119}Sn от времени отжига. Отмечено незначительное уменьшение поля с $H_n \sim 14$ кЭ до 13 кЭ.

На рис.4 приведена зависимость изомерного сдвига и квадрупольного смещения на ядрах ^{119}Sn от времени отжига. Видно, что изомерный сдвиг δ и квадрупольное смещение ε для парциальных спектров ядер ^{119}Sn в соединении FeSn практически не меняются (см. рис. 4).

Исходя из вышеизложенных результатов исследований слоистой системы Sn-Fe, прове-

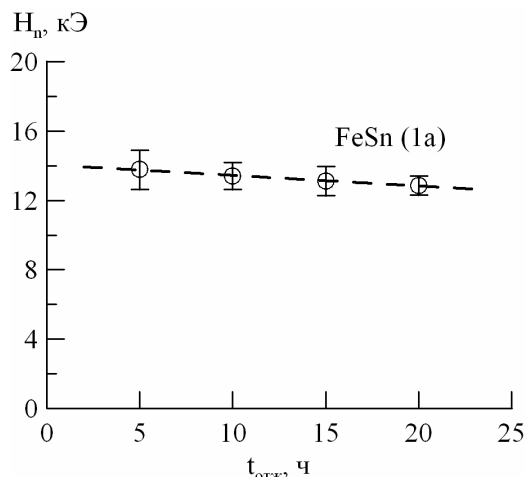


Рис. 3. Эффективное магнитное поле для парциального спектра атомов Sn в позиции 1(a) в интерметаллиде FeSn

денных методом мёссбауэровской спектроскопии на ядрах ^{119}Sn , можно говорить о термической стабилизации интерметаллида FeSn на поверхности образца.

Заключение

В результате исследования методами мёссбауэровской спектроскопии на ядрах ^{119}Sn и ^{57}Fe слоистой системы Sn(4 мкм)-Fe(10 мкм) после последовательного термического отжига установлено образование интерметаллида FeSn и твердого раствора $\alpha\text{-Fe}(\text{Sn})$; показано, что характер фазовых превращений определяется изменением локальной концентрации олова в образце в процессе диффузии компонентов; получена термически стабильная пространственно неоднородная система FeSn/ $\alpha\text{-Fe}(\text{Sn})$.

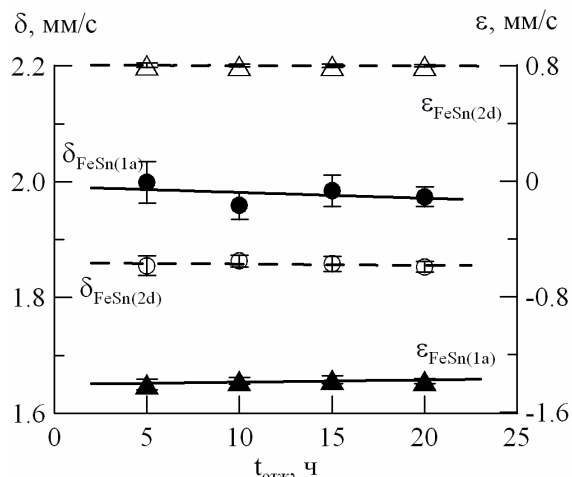


Рис. 4. Изомерный сдвиг δ и квадрупольное смещение ϵ для парциального спектра атомов Sn в позиции 1(a) в интерметаллиде FeSn

Список литературы

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: в 3 т, Т.2 / Под общ. ред. Н.П.Лякишева. М., Машиностроение, 1997. - 1024 с.
2. Русаков В.С., Кадыржанов К.К. и др. // Поверхность: рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. - 2005. - №1. - С. 60.
3. Русаков В.С. Мёссбауэровская спектроскопия локально неоднородных систем. Алматы, 2000. - 431 с.
4. Djega-Mariadassou C., Lecocq P. et al // Nuovo Cimento. - 1966. - Vol.46B. - №1. - P.35.
5. Ligenza S. // Phys. Stat. sol. - 1972. - Vol. 50B. - P.379.
6. Kulshreshtha S.K., Raj P. // J. Phys. F: Metal Phys. - 1981. - Vol.11. - P.281.

FORMATION OF THERMALLY STABLE LAYERED SYSTEM FeSn- $\alpha\text{-Fe}(\text{Sn})$

A.K. Zhubaev

Aktobe State University, Aktobe 030000, Kazakhstan

The lamellar system Sn(4 μm)-Fe(10 μm), obtained by ion-plasma scattering and subjected consequent isothermal annealing at 550°C temperature was investigated by the methods of Mössbauer spectroscopy on ^{119}Sn nuclei. The formation of FeSn intermetalloid was established. It was shown that the nature of phase transformations is determined by the change of local concentration of Tin atoms, during components' mutual diffusion. The dependence of average concentration of Tin atoms in Fe(Sn) solid solution versus time of annealing was obtained. Thermally stable spatially inhomogeneous system FeSn/ $\alpha\text{-Fe}(\text{Sn})$ was obtained.