

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ТОНКИХ ФОЛЬГАХ С ПОКРЫТИЯМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ МЕТОДАМИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ

К.К.Кадыржанов¹⁾, С.К.Кожаметов¹⁾, В.С.Русаков²⁾, Т.Э.Туркебаев¹⁾, А.М.Жанкадамова¹⁾

¹⁾Институт ядерной физики НЯЦ РК, Алматы 480082, Казахстан

²⁾Московский Государственный Университет, Москва 119899, Россия

Работа посвящена разработке теоретических основ процесса термической стабилизации слоистых металлических систем. Эти исследования являются логическим продолжением развиваемого авторами в последнее десятилетие нового направления по созданию физических основ ионных технологий получения стабильных многослойных многофункциональных металлических материалов. Теория основана на механизме стабилизации за счет образования переходной двухфазной области. Параметрами расчетной модели являются коэффициенты взаимной диффузии и размеры включений образованных фаз в двухфазных областях.

Введение

Использование фольг в качестве образцов при исследовании термически индуцированных процессов фазовых превращений имеет по сравнению с массивными образцами ряд преимуществ:

- 1) на порядки величин меньшие времена релаксации неравновесных процессов;
- 2) возможность комплексного использования неразрушающих методов исследования – мессбауэровской спектроскопии и рентгенофазового анализа;
- 3) возможность определения с помощью методов мессбауэровской спектроскопии относительного количества железосодержащих фаз на поверхности и в объеме образца.

Магнетронный способ осаждения больше всего подходит для модификации свойств фольг, так как имеет преимущества создания качественных покрытий малых толщин. Магнетронные технологии развиваются в Институте, начиная с 1990г. Были спроектированы и изготовлены ионно-плазменные установки для нанесения покрытий различного функционального назначения (авторские права защищены патентами Республики Казахстан [1] и Российской Федерации [2]).

Основная часть

Объектами экспериментальных исследований были двухслойные и трехслойные фольги Fe-Be, Fe-Al, Fe-Sn, подверженные различным видам термической обработки (отжигам).

Мессбауэровские исследования кинетики фазообразования в слоистых системах при термических отжигах выполнялись при комнатной температуре двумя методами регистрации: мессбауэровской спектроскопии по конверсионным электронам (КЭМС) с обеих сторон образца в геометрии обратного рассеяния и γ -квантов в геометрии на поглощение. Для обработки и анализа спектров использовался метод восстановления функций распределения сверхтонких параметров парциальных спектров. Метод реализован в компьютерной программе DISTRI, входящем в программный комплекс MStools [3]. В работе была определена последовательность фазовых преобразований в объеме и приповерхностных слоях образцов рассматриваемых систем при последовательных изохронных и изотермических отжигах, а

также относительное содержание образующихся фаз.

В качестве примера на рис.1 представлены зависимости относительного содержания фаз для систем Be (1.2 мкм)-Fe(11 мкм) (1а) и Be (2.3 мкм)-Fe(11 мкм) (1б) при изотермических отжигах.

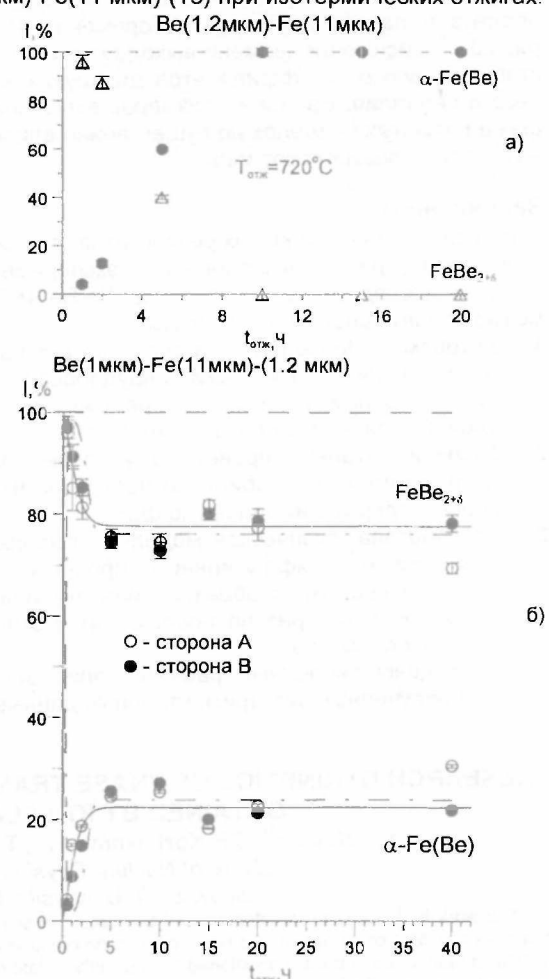


Рис.1. Относительные интенсивности I парциальных КЭМС-спектров, снятых со сторон А и В бериллиевого покрытия, для слоистой системы Be-Fe в зависимости от длительности последовательного изотермического отжига при температуре $T_{отж}=720^\circ\text{C}$: а) случай полного растворения бериллида, б) случай термической стабилизации (штрих-пунктирная линия-численный расчет)

Видно, что в первом случае происходит полное растворение бериллида, а во втором случае получается стабильное распределение фазы FeBe_2 . Поэтому возник вопрос о создании такой физической модели, которая бы описывала обе ситуации. Если в рамках обычных представлений о процессе диффузии можно описать первый случай, то формирование термически стабильных слоев требует принципиально нового рассмотрения. На наш взгляд основной причиной термической стабилизации является хорошо сформированная двухфазная область между интерметаллидом и пересыщенным раствором. На основании этого предположения нами была разработана феноменологическая модель, описывающая факт термической стабилизации.

Основным параметром расчетной модели является коэффициент взаимной диффузии. Дополнительным параметром, входящим в предлагаемую модель, является размер включений образованных фаз в двухфазных областях.

На рис.2а представлен график зависимости коэффициента диффузии бериллия от глубины образца в различные моменты времени, а на рис.2б - зависимости времени выхода системы на стабилизацию от коэффициентов диффузии железа и бериллия. Вариации размеров включений фаз в разумных пределах не существенно влияет на кинетику фазообразования.

Заключение

На основании полученных результатов, а также результатов ранее выполненных экспериментальных исследований на системе Fe-Be [4,5], можно сделать следующие выводы:

1. Авторами проведены экспериментальные исследования термически индуцированных диффузионных и фазовых превращений в слоистых системах Fe-Be, Fe-Al, Fe-Sn.
2. Экспериментально проверено условие создания термически стабильных поверхностных слоев, содержащих заданную фазу.
3. Разработана физическая модель, позволяющая описать диффузионные процессы в слоистой системе с образованием термически стабильных фаз на поверхности металлических образцов.
4. Проведены численные расчеты, описывающие полученные экспериментальные данные.

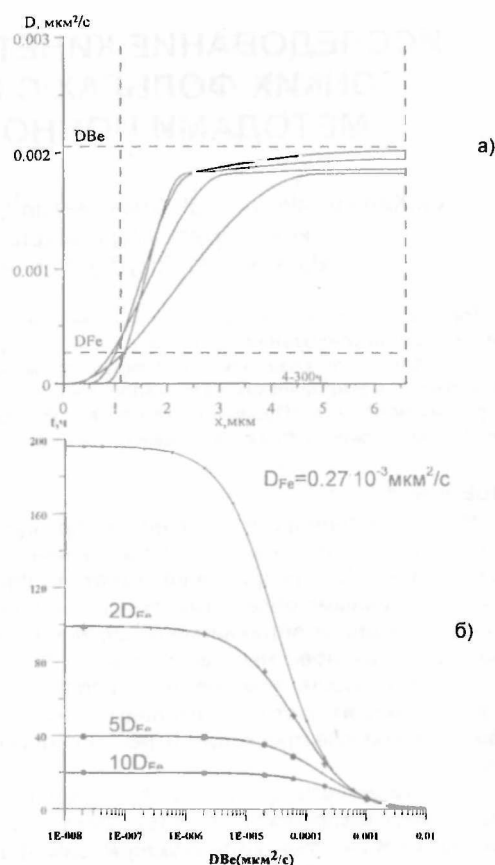


Рис.2. а) Зависимость коэффициента диффузии от глубины образца в различные моменты времени; б) зависимость времени выхода на стабилизацию от коэффициентов диффузии железа и бериллия

Список литературы

1. Tuleushev A.Zh., Kim S.N. A device for nitrides, carbides and carbonitrides coatings production // Patent RK PK № 2675. 1997.
2. Tuleushev A.Zh., Kim S.N. Design of a magnetron jet sputtering of nitrides, carbides and carbonitrides coatings // Patent RF № 2065507. 1996.
3. Кадыржанов К.К., Туркбаев Т.Э., Удовский А.Л. Физические основы ионных технологий создания стабильных многослойных металлических материалов. - Алма-Ата, 1992.
4. Kadyrzhanov K.K., Rusakov V.S., Turkebaev T.E., Kerimov E.A. // Hyperfine Interaction. - 2002. - V.141/142. - P.453-457.
5. Kadyrzhanov K.K., Rusakov V.S., Turkebaev T.E., Kerimov E.A., Lopuga A.D. // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. - B.2001. - V.174. - P.463-474.

RESEARCH OF KINETICS OF PHASE TRANSFORMATIONS IN THIN FOILS WITH COVERINGS OBTAINED BY ION-PLASMA DEPOSITION METHODS

K.K.Kadyrzhanov¹⁾, S.K.Kozhakhmetov¹⁾, T.E.Turkebaev¹⁾, V.S.Rusakov²⁾, A.M.Zhankadamova¹⁾

¹⁾Institute of Nuclear Physics NNC RK, Almaty 480082, Kazakhstan

²⁾Moscow State University, Moscow 119899, Russian Federation

The work is devoted to development of theoretical bases of process of thermal stabilization of layered metal systems. These researches are logic continuation of a new direction on creation of physical bases of ions technologies of reception of stable multilayer of multifunctional metal materials developed by the authors last decade. The theory is based on the mechanism of stabilization at the expense of formation of transitive biphasic area. Parameters of calculated model are the factors of mutual diffusion and sizes of inclusions of the formed phases in biphasic areas. According to the obtained results, as well as results of experimental researches on system Fe-Be executed earlier, it is possible to make the following conclusions:

1. The authors have carried out experimental researches of thermally induced diffusion and phase transformations in layered systems Fe-Be, Fe-Al, Fe-Sn.
2. The condition of creation of thermally of the stable surface layers containing the given phase is checked experimentally up.
3. The physical model allowing to describe diffusion processes in layered system with formation of thermally stable phases on a surface of metal samples is developed.
4. The numerical calculation describing obtained experimental data are carried out.

5-я международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом» 6-9 октября 2003 г., Минск, Беларусь
5-th International Conference «Interaction of Radiation with Solids», October 6-9, 2003, Minsk, Belarus