

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алтунина Р.Р.

«Фазообразование при твердофазных реакциях в тонких пленках на основе Al/Au и Fe/Si»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Работа Алтунина Р.Р. посвящена установлению закономерностей фазообразования при твердофазных реакциях в тонких пленках на основе Al/Au и Fe/Si. Актуальность и ценность работы не вызывает сомнений, поскольку основные особенности и закономерности образования фаз в исследуемых тонкопленочных системах важно как с научной точки зрения для понимания физики процесса и развития теоретических моделей, так и возможности практического применения данных фаз.

Несомненным достоинством работы является комплексный подход к получению тонкопленочных образцов и проведению исследований на современном аналитическом оборудовании. Так, для получения пленок автор использовал методы электронно-лучевого и термического испарения в высоком и сверхвысоком вакууме, а изменение микроструктуры, локального фазового и элементного состава с температурой были исследованы при помощи просвечивающего электронного микроскопа, оборудованного энергодисперсионным спектрометром, *in situ*.

Из ряда новых научных результатов, содержащихся в автореферате, наиболее интересными представляются:

1. Методами *in situ* просвечивающей электронной микроскопии и дифракции электронов установлено, что в результате твердофазной реакции в пленках Al/Au последовательно формируются интерметаллические соединения Al_2Au_5 , $AlAu_2$ и Al/Au_2 . Показано, что начало твердофазной реакции в пленках данной системы при нагреве со скоростью $20\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$ составляет $\sim 86\text{ }^\circ\text{C}$. Проведена оценка усредненного коэффициента диффузии алюминия и золота через слой продуктов реакции в диапазоне температур $86\text{--}111\text{ }^\circ\text{C}$: $D \sim 2 \cdot 10^{-13}\text{ см}^2/\text{с}$.
2. Методами *in situ* просвечивающей электронной микроскопии и дифракции электронов установлено, что в результате твердофазной реакции в пленках Si/Fe/Si формируется интерметаллическое соединение $\epsilon\text{-FeSi}$. Показано, что начало твердофазной реакции в пленках данной системы при нагреве со скоростью $8\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$ составляет $\sim 450\text{ }^\circ\text{C}$. Проведена оценка усредненного коэффициента диффузии железа и кремния через слой продуктов реакции в диапазоне температур $450\text{--}674\text{ }^\circ\text{C}$: $D \sim 1 \cdot 10^{-15}\text{ см}^2/\text{с}$.
3. Изучена термическая стабильность эпитаксиальной системы $Fe_3Si(111)/Si(111)$ и показано, что до $400\text{ }^\circ\text{C}$ исследованная система термически устойчива.

Некоторым недостатком выглядит неудачное представление положений, выносимых на защиту, которые не формулируют установленные закономерности, а представляют перечисление основных результатов работы.

В то же время, работа Алтунина Р.Р. характеризуется должным подходом к проведению исследований, сочетанием высокого уровня эксперимента и развернутой обработкой результатов, хорошо апробирована и имеет хорошую перспективу по дальнейшему техническому применению. Опубликованные работы достаточно полно отражают основные результаты, полученные автором.

В целом, по актуальности выбранной темы исследований, новизне полученных результатов и их практической значимости, диссертация отвечает требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор Алтунин Роман Русланович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Зав. каф. Физики твердого тела ВГТУ, проф., д.ф.-м.н.

Ю.Е.Калинин

г. Воронеж, Московский пр. 14. Тел.: +7-473-246-66-47, E-mail: kalinn48@mail.ru



УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
СОВЕТА ВГТУ

А.В. МАНДРЫКИН