

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.055.02

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 декабря 2014 г. №18

О присуждении Алтунину Роману Руслановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Фазообразование при твердофазных реакциях в тонких пленках на основе Al/Au и Fe/Si» по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния принята к защите 24 октября 2014 г., протокол №12 диссертационным советом Д 003.055.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук (ИФ СО РАН), 660036, г. Красноярск, ул.Академгородок 50, строение №38, приказ Минобрнауки России №714/НК от 02.11.2012 г.

Соискатель Алтунин Роман Русланович 1989 года рождения, в 2011 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ) по специальности «Физика». В 2014 г. соискатель освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на базе ИФ СО РАН, где работает инженером 1-ой категории.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук (ФАНО) в лаборатории когерентной оптики

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Жарков Сергей Михайлович, старший научный сотрудник лаборатории когерентной оптики ИФ СО РАН.

Официальные оппоненты:

- Авилов Анатолий Сергеевич, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова Российской академии наук, заведующий Отделом электронной кристаллографии;
- Белоусов Олег Владиславович, кандидат химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник лаборатории гидromеталлургических процессов;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук (ФГБУН ИСМАН РАН), г. Черноголовка, в своем положительном заключении, подписанном кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником ФГБУН ИСМАН РАН Шкодич Натальей Федоровной, указала, что проведена большая работа по изучению фазообразования в процессе твердофазных реакций в тонких пленках на основе Al/Au и Fe/Si. Исследованы температуры начала твердофазных реакций и последовательности образования фаз в процессе термического нагрева образцов. Построены схематичные диаграммы, подробно демонстрирующие последовательности образования фаз в тонких пленках на основе Al/Au и Fe/Si в процессе твердофазной реакции, инициированной термическим нагревом. Проведена оценка усредненных коэффициентов диффузии через слой продуктов реакции в исследованных двухслойных Al/Au и трехслойных пленках Si/Fe/Si. Особую научную ценность имеет информация, полученная соискателем, о взаимодействии между тонкими слоями силицидов железа и монокристаллическим кремнием.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме

диссертации 5 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях.
Основные работы по теме диссертации:

1. Алтунин, Р.Р. Электронно-микроскопические *in situ* исследования процессов твердофазного синтеза в тонких двухслойных пленках Al/Au / Р.Р. Алтунин, С.М. Жарков // Известия РАН. Серия физическая – 2013. – Т.77 – №8. – С.1091-1094.
2. Zharkov, S.M. Solid-state reactions in Fe/Si multilayer nanofilms / S.M. Zharkov, R.R. Altunin, E.T. Moiseenko, G.M. Zeer // Solid State Phenomena – 2014. – V.215 – P.144–149.
3. Моисеенко, Е.Т. Твердофазный синтез и атомное упорядочение в тонкопленочной системе Cu/Au (атомное соотношение Cu:Au=3:1) / Е.Т. Моисеенко, Р.Р. Алтунин, С.М. Жарков // Известия РАН. Серия физическая. – 2012. – Т.76. – №10. – С.1283–1286.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Ведущая организация ФГБУН ИСМАН РАН – отзыв положительный. Основные замечания: при описании многослойной системы (Fe/Si)₃ во второй главе диссертации не указано исходное атомное соотношение железа и кремния; при обсуждении результатов, полученных в четвертой главе, не объясняется, почему в процессе твердофазной реакции в трехслойных пленках Si/Fe/Si не происходит формирование фаз Fe₃Si и Fe₅Si₃; не оценено влияние различных скоростей нагрева на фазообразование при твердофазных реакциях в двухслойных пленках Al/Au и трехслойных Si/Fe/Si.

Официальный оппонент *Авилов А.С.* – отзыв положительный.

Основное замечание: получен большой объем экспериментальных данных, фиксирующих твердофазные реакции в процессе термического нагрева, однако, эти данные используются только для анализа момента формирования новой фазы. Отсутствует анализ полученных данных на предмет динамики перехода, что позволило бы, например, с учетом современных возможностей моделирования судить о механизмах фазовых переходов.

Официальный оппонент *Белоусов О.В.* – отзыв положительный. Основные замечания: не объяснен факт уменьшения, по сравнению с литературными данными, интенсивности дифракционных рефлексов на электронограмме (рефлексы 4 и 9 в табл. 10 на стр. 57 диссертации); в диссертационной работе не указано – проводили ли расчет изменения энергии Гиббса, для исследуемых твердофазных реакций.

Калинин Ю.Г.- д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики твердого тела Воронежского государственного технического университета – отзыв на автореферат положительный, сделано замечание: некоторым недостатком выглядит неудачное представление положений, выносимых на защиту, которые не формулируют установленные закономерности, а представляют перечисление основных результатов работы.

Кульков С.Н. - д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией физики наноструктурных функциональных материалов ФГБУН Института физики прочности и материаловедения СО РАН – отзыв на автореферат положительный, сделаны замечания: в тексте автореферата отсутствует информация о влиянии скорости нагрева на процессы твердофазных реакций в исследованных тонкопленочных образцах; не указана погрешность измерения коэффициента диффузии.

Бабушкин А.Н. - д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой низких температур Института естественных наук УрФУ - отзыв на автореферат положительный. Критических замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов, работающих в смежных областях, а также их признанным профессионализмом.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие основные результаты:

1. Методами *in situ* просвечивающей электронной микроскопии и дифракции электронов исследованы процессы фазообразования при твердофазных реакциях, инициированных путем термического нагрева в тонких пленках

Al/Au и Si/Fe/Si. Определены последовательности образования фаз в процессе твердофазных реакций. Построены схематические диаграммы, демонстрирующие температуры и последовательности образования фаз.

2. Экспериментально установлена область термической стабильности эпитаксиальной системы $\text{Fe}_3\text{Si}(111)/\text{Si}(111)$. Изучено фазообразование и ориентационные соотношения соединений, полученных в процессе твердофазной реакции между эпитаксиальной пленкой $\text{Fe}_3\text{Si}(111)$ и монокристаллической подложкой $\text{Si}(111)$, инициированной термическим отжигом.

Теоретическая значимость полученных результатов обоснована тем, что их анализ позволит разработать новые теоретические методы, позволяющие более полно описать твердофазные реакции в наносистемах, полученных на основе металл-металл и металл-полупроводник.

Практическая значимость полученных результатов исследования заключается в определении безопасного температурного диапазона работы микроэлектронных устройств и приборов, использующих в своей конструкции тонкие слои и соединения на основе Al/Au и Fe/Si.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в работе использованы современные экспериментальные методы исследования, результаты обладают высокой воспроизводимостью и получены на сертифицированном научном оборудовании. Не вызывает сомнений выбор методов исследования: *in situ* просвечивающей электронной микроскопии и дифракции электронов. Используются современные методики обработки и анализа полученных данных. Полученные соискателем экспериментальные результаты согласуются с современными теоретическими и экспериментальными литературными данными.

Личный вклад соискателя заключается в определении цели, предмета и объекта исследований, постановке задач и их решении, получении тонкопленочных образцов на основе Al/Au, активном участии в проведении исследований и интерпретации полученных результатов, в подготовке научных

статей и тезисов докладов, отражающих основные результаты исследования.

На заседании 26 декабря 2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Алтунину Роману Руслановичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния и 9 по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за - 15, против - 0, недействительных бюллетеней - 3.

Зам. председателя
диссертационного совета Д 003.055.02
д.ф.-м.н., профессор

Зиненко В. И.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 003.055.02
д.ф.-м.н., с.н.с.

Втюрин А. Н.



30.12.2014 г.