

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.051.01 НА БАЗЕ
ФГБУН Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, ФАНО
ПО ДИССЕРТАЦИИ **Ермаковой Евгении Николаевны**
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25 марта 2015 года № 6

О присуждении *Ермаковой Евгении Николаевне*, гражданке Российской Федерации ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация *«Плазмохимический синтез тонких слоев карбонитрида кремния из паров кремнийорганических соединений»* в виде рукописи по специальности 02.00.04 – физическая химия (химические науки) принята к защите *18 декабря 2014 г.*, протокол № 24 диссертационным советом Д 003.051.01 на базе ФГБУН Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН (ИНХ СО РАН) (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д. 3, действующего на основании приказа Минобрнауки РФ от 11.04.2012 № 105/нк).

Соискатель *Ермакова Евгения Николаевна* 1989 года рождения, на момент защиты диссертации работает в лаборатории эпитаксиальных слоев ИНХ СО РАН в должности младшего научного сотрудника. В период подготовки диссертации с октября 2011 по сентябрь 2014 г. обучалась в очной аспирантуре ИНХ СО РАН. В 2011 году соискатель окончила Новосибирский государственный университет по специальности – химия.

Диссертация выполнена в лаборатории эпитаксиальных слоев в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – кандидат химических наук *Косинова Марина Леонидовна* работает в лаборатории эпитаксиальных слоев ИНХ СО РАН в должности заведующего лабораторией.

Официальные оппоненты:

1. *Грибов Борис Георгиевич*, гражданин России, член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор, советник генерального директора ОАО «НИИМЭ и завод МИКРОН», г. Москва;

2. *Бакланова Наталья Ивановна*, гражданка России, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химического материаловедения ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск

дали **положительные** отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» в своем

положительном заключении, составленном д.т.н., профессором Козиком Владимиром Васильевичем и подписанном проректором ФГАОУ ВО НИ ТГУ, д.ф.-м.н., профессором Ивоным Иваном Варфоломеевичем указала, что «...диссертационная работа Е.Н. Ермаковой представляет собой законченное научное исследование, носит междисциплинарный характер и представляет интерес для специалистов в области физической химии, неорганического синтеза и современного материаловедения. Работа содержит новые данные о свойствах некоторых кремнийорганических соединений и термодинамические характеристики процессов их испарения, которые дополнили справочную информацию в данной области исследований и являются теоретической базой для разработки новых способов получения карбонитрида кремния в тонкопленочном состоянии. Материалы диссертации заслушаны и обсуждены на научном семинаре заседания кафедры неорганической химии и отдела «Новые материалы электротехнической и химической промышленности» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (протокол № 12 от 25 февраля 2015г.)».

По теме диссертации соискатель имеет 3 опубликованные работы: 2 – в отечественных журналах, рекомендованных ВАК, и 1 – в рецензируемом международном издании. Общий объем опубликованных работ составляет 21 стр. (1,3 печ. л.).

Соискателем не депонировались рукописи работ в организациях государственной системы научно-технической информации, аннотированных в научных журналах; 16 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов; публикаций в электронных научных изданиях нет.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ермакова Е.Н., Косинова М.Л., Румянцев Ю.М., Алферова Н.И., Кожемяченко С.И., Юшина И.В., Кузнецов Ф.А. Синтез и характеристика пленок на основе фаз системы Si–C–N, полученных из смеси бис(триметилсилил)этиламина и гелия // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. – 2013. – Т. 10. - С. 233-240.

2. Ermakova E., Lis A., Kosinova M., Rumyantsev Y., Maximovskii E., Rakhlin V. Bis(trimethylsilyl)ethylamine: Synthesis, Properties and its Use as CVD Precursor // *Physics Procedia* – 2013. - V. 46. - P. 209-218.

3. Ермакова Е.Н., Кеслер В.Г., Румянцев Ю.М., Косинова М.Л. Исследование типов химических связей в пленках, полученных плазмохимическим разложением паров бис(триметилсилил)этиламина // *Журн. структур. химии*. – 2014. – Т. 55. - С. 486-493.

На диссертацию и автореферат диссертации поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные, 6 – с замечаниями, 1 – с пожеланием. Отзывы поступили: от *д.х.н., проф. Васильева В.Ю.*, профессора кафедры полупроводниковых приборов

и микроэлектроники ФБГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»; от *д.х.н. Лахоткина Ю.В.*, заведующего лабораторией гетерогенного синтеза тугоплавких соединений ФГБУН Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва; от *д.х.н., проф. Мирскова Р.Г.*, ведущего научного сотрудника лаборатории элементо-органических материалов ФГБУН Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН; от *чл.-к. РАН Двуреченского А.В.*, заместителя директора ФГБУН Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, г. Новосибирск; от *д.т.н., проф. Панина С.В.*, заместителя директора ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск; от *д.ф.-м.н. Руденко К.В.*, ведущего научного сотрудника лаборатории микроструктурирования и субмикронных приборов ФГБУН Физико-технологический институт РАН, г. Москва; от *д.т.н., проф. Критской Т.В.*, заведующей кафедрой электронных систем Запорожской государственной инженерной академии, г. Запорожье, Украина; от *к.х.н. Чупахиной Т.И.*, старшего научного сотрудника лаборатории неорганического синтеза ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург; *к.х.н. Валишевой Н.А.*, старшего научного сотрудника ФГБУН Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, г. Новосибирск.

Замечания к автореферату сформулированы по содержанию диссертации, большая часть из них объясняется ограниченным объемом автореферата. В замечаниях содержатся пожелания более подробно объяснить или рассмотреть вопросы, относящиеся к теме исследования. Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа Е.Н. Ермаковой **полностью соответствует** требованиям, которые ВАК предъявляет к кандидатским диссертациям, а ее автор Е.Н. Ермакова заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в области синтеза и исследования новых материалов, в частности, получения функциональных покрытий методом химического осаждения из газовой фазы и значимым вкладом ведущей организации в область исследования получения и исследования пленочных материалов, что подтверждается наличием публикаций оппонентов и ведущей организации в данной области исследований.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- определены зависимости давления насыщенного пара в области температур 25-300°C и рассчитаны термодинамические характеристики процесса испарения *бис*(триметилсилил)фениламина и триметилфенилсилана, содержащих связи Si-C,

C–N, Si–N и C–H; и показана перспективность их использования в качестве новых соединений-предшественников в процессах CVD;

- разработаны методики получения пленок Si–C–N–H плазмостимулированным химическим осаждением из газовой фазы (PECVD) с использованием в качестве соединений-предшественников бис(триметилсилил)-этиламина, бис(триметилсилил)фениламина и триметилфенилсилана;

- установлены закономерности изменения химического состава, строения и морфологии поверхности пленок гидрогенизированного и негидрогенизированного карбонитрида и карбида кремния $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:H}$ (SiC_xN_y) и $\text{SiC}_x\text{:H}$ (SiC_x), зависящие от типа соединения-предшественника и условий осаждения методом PECVD;

- установлена зависимость между химическим составом и строением синтезированных пленок и их физическими свойствами, определяющими их функциональную направленность.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- получены фундаментальные знания, касающиеся давления насыщенного пара бис(триметилсилил)фениламина и триметилфенилсилана с представлением полного набора термодинамических данных процессов их парообразования, которые могут быть использованы в качестве справочных;

- установлены физико-химические закономерности процессов осаждения пленок разного состава и строения, что позволило получить аморфные пленки гидрогенизированного карбида и карбонитрида кремния, пленки с фрагментами, содержащими связи C–Si–N без примеси водородсодержащих групп; пленки не содержащие графит, либо содержащие его в виде наноразмерных, разориентированных кластеров, и пленки, характеризующиеся низкой пористостью.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- определены режимы осаждения и получены пленки со значением диэлектрической проницаемости $\varepsilon \approx 3$, являющиеся перспективным материалом для барьерных слоев, защищающих от диффузии меди элементы интегральных схем нового поколения; а также пленки с 98% прозрачностью и твердостью, равной 22 ГПа, перспективные для оптического приборостроения;

- определены условия синтеза, при которых пленки $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:H}$ (SiC_xN_y) и $\text{SiC}_x\text{:H}$ (SiC_x) стабильны при хранении их на воздухе;

- разработанные методики PECVD синтеза пленок $\text{SiC}_x\text{:H}$ (SiC_x) и $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:H}$ (SiC_xN_y) могут быть адаптированы к получению пленок с другим сочетанием компонентов для использования в микроэлектронике, фотонике и солнечной энергетике.

Достоверность и надежность результатов исследования обеспечены корректной постановкой задач, тщательной подготовкой и выполнением экспериментов, достаточным числом параллельных экспериментов и измерений, аргументированным выбором современных физико-химических методов исследования (ИК-спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света, энергодисперсионного анализа, масс-спектрометрии вторичных ионов, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, эллипсометрии, сканирующей электронной, атомно-силовой и просвечивающей электронной микроскопии), результаты которых согласуются между собой и не противоречат известным сведениям в данной области.

Личный вклад соискателя состоит в том, что: основу диссертации составляют экспериментальные исследования, большая часть которых выполнена лично автором или при его непосредственном участии. Лично автором синтезированы методом PECVD все изученные в работе образцы пленок $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:H}$ (SiC_xN_y) и $\text{SiC}_x\text{:H}$ (SiC_x), проведена обработка экспериментальных результатов, их анализ и интерпретация. Обсуждение результатов и подготовка материалов к публикации проводилась совместно с научным руководителем и соавторами. Диссертант представлял работу на многочисленных конкурсах и конференциях, где был удостоен наград и дипломов.

Диссертационный совет Д 003.051.01 на заседании 25 марта 2015 г., протокол №6 пришел к выводу о том, что диссертация соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», т.е. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержатся решения научно-методических и технических задач, имеющих существенное значение для получения новых перспективных пленочных функциональных материалов, и принял решение присудить *Ермаковой Евгении Николаевне* ученую степень кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 28 (двадцать восемь) человек, из них 15 (пятнадцать) докторов наук по специальности 02.00.04 – физическая химия, участвовавших в заседании и голосовании, из 33 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 28 (двадцать восемь), против присуждения учёной степени – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Зам. председателя диссертационного совета
д.х.н., профессор

Корнев Сергей Васильевич

Ученый секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Надолинный Владимир Акимович

25.03.2015 г.