

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Плеханова Александра Георгиевича** «Плазмохимический синтез плёнок гидrogenизированного оксикарбонитрида кремния из кремнийорганических соединений в смесях с азотом и кислородом», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия

Исследования тонких плёнок на основе нитрида, карбида кремния и их свойства (диэлектрические, оптические и механические) уже достаточно продолжительное время вызывают интерес не только с фундаментальной, но и с прикладной точки зрения. Это связано с наличием у них всевозможных интересных свойств, позволяющих использовать их в оптоэлектронике, микроэлектронике и фотонике. Что касается тонких плёнок гидrogenизированного оксикарбонитрида кремния, то они, хотя сравнительно мало изучены, обладают такими интересными свойствами как прозрачность в видимой и ИК-областях спектра, высокое удельное сопротивление, высокое напряжение пробоя и низкая диэлектрическая проницаемость. Диссертант справедливо отмечает, что «... частный случай метода химического осаждения из газовой фазы ... с различными типами активации газовой фазы, - плазмостимулированное химическое осаждение из газовой фазы,- позволяет существенно снизить температуру разложения исходных веществ, а также получать равномерные покрытия с хорошей адгезией к подложке». Несомненно важными для получения материалов с заданными характеристиками (высокая твёрдость, оптическая прозрачность в широкой области длин волн 200-3000 нм, фотолюминесцентные свойства, диэлектрические свойства) являются: 1) разработка новых методов синтеза тонких плёнок гидrogenизированного оксикарбонитрида кремния с использованием различных кремнийорганических предшественников с дополнительными реагентами; 2) проведение экспериментов при варьировании условий синтеза в широком диапазоне для установления корреляции в ряду «состав-структура-свойства». Обоснование соискателем актуальности темы и выбора объекта изучения представляется логичным и убедительным.

В цель работы, прямо согласующейся с названием диссертации, включены: разработка новых методов синтеза; проведение комплекса физико-химических исследований по изучению зависимости изменения химического и фазового составов, структуры и морфологии плёнок от условий синтеза; определение зависимости изменения функциональных характеристик плёнок (электрофизических, оптических, механических) при изменении химического состава и условий синтеза плёнок.

В процессе исследования Плехановым Александром Георгиевичем впервые разработаны и проведены методом PECVD различные варианты синтеза тонких плёнок гидrogenизированного оксикарбонитрида кремния из кремнийорганических веществ-предшественников, и тем самым созданы предпосылки создания принципиально новых материалов с заданными свойствами. Этим и подтверждается решение актуальных проблем материаловедения, постоянно требующих современного комплексного подхода, и соискатель в своей работе постоянно демонстрирует своё оригинальное видение каждой очередной проблемы, путей и комплексных способов (методов) решения в сочетании с отличным владением темы (материала) изучаемых объектов. В работе использован широкий набор современных методов эксперимента и исследования продуктов – методы ЭДС, РФЭС и ИК-спектроскопии (изменение элементного состава и типа химических связей в плёнках), РЭМ и РФА-СИ (структура, фазовый состав и морфология поверхности) и др. Это обеспечило получение результатов, обладающих достоверностью и принципиальной новизной. И хотя в конкретных задачах диссертации планировалось выполнить 3 основные задачи, диссертантом были проведены более широкие и весомые

исследования, компактно представленные в научной новизне и практической значимости автореферата диссертации соискателя.

В результате проведённого исследования диссертантом достигнуты следующие положения научной новизны: 1) «впервые разработаны и проведены методом PECVD процессы получения тонких плёнок гидрогенизированного оксикарбонитрида кремния из кремнийорганических веществ-предшественников в смесях с кислородом и азотом», 2) «показано, что увеличение содержания азота в смесях при получении плёнок гидрогенизированного оксикарбонитрида кремния приводит к значительному уменьшению содержания углерода, увеличению содержания кислорода и азота, а также - к исчезновению включений кластеров углерода в высокотемпературных плёнках», 3) «установлено, что увеличение содержания кислорода в газовых смесях способствовало повышению интенсивности фотолюминесценции плёнок», 4) «получены параметры проведения синтеза для получения плёнки $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{O}_z\text{:H}$ с определёнными диапазонами физических и функциональных свойств», 5) «определено влияние каждого из параметров процесса на свойства плёнок», 6) представлена гипотеза о предполагаемых химических реакциях в плазме ВЧ-разряда, влияющих на состав плёнок $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{O}_z\text{:H}$, 7) «впервые методом плазмостимулированного осаждения из газовой фазы с использованием нового исходного кремнийорганического соединения МТДЭАС в смесях с гелием и азотом синтезированы и охарактеризованы плёнки гидрогенизированного карбонитрида кремния в области температур 373-973К». Даже простое перечисление положений научной новизны впечатляет своей фундаментальностью, с одной стороны, и выраженной прикладной направленностью, - с другой.

Практическая значимость представленного исследования, наверняка, не ограничена тремя положениями, представленными в автореферате. И тем не менее, области применения этих трёх положений достаточно огромны: 1) плёнки $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{O}_z\text{:H}$ перспективны для применения в качестве защитных покрытий, например, в солнечной энергетике; 2) показатель преломления в диапазоне 1,49-2,21 и высокая прозрачность в широкой спектральной области позволяет рассматривать эти плёнки как материалы для применения в фотонике и оптическом приборостроении; 3) плёнки $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{O}_z\text{:H}$ обладают светоизлучающими свойствами, позволяющими использовать их в оптоэлектронике. Эти достижения – бесспорное свидетельство реальной практической значимости исследований Плеханова А.Л.

Положения, выносимые на защиту, отражают суть представленной работы, соответствуют поставленным проблемам, цели и задачам. В них (защищаемых положениях) автор изложил подробный план своих основных научных достижений, на которые он хотел бы акцентировать наше внимание, и которые, конечно же, впечатляют большим объёмом выполненной работы. Видно, что классический подход в исследованиях объектов автор успешно сочетает с принципиально новыми решениями проблем.

Важным вкладом в исследование, по нашему мнению, является процесс синтеза плёнок $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{O}_z\text{:H}$ методом PECVD из различных газовых смесей. Поэтому было бы интересно представить в автореферате схему самой установки. Также представляет несомненный интерес элементный состав плёнок, который определялся с помощью энергодисперсионной спектроскопии. Эволюция элементного состава плёнок $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{O}_z\text{:H}$ в зависимости от температуры синтеза и состава исходной газовой смеси представлена на рис 2. автореферата. При изучении зависимостей физических свойств плёнок, полученных из различных газовых смесей были получены интересные данные, имеющие как фундаментальные, так и прикладные значения (табл.2).

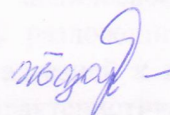
Методики и результаты исследования, разработанные в диссертационной работе Плеханова А.Г., были бы полезны для использования в учебном процессе и при преподавании специальных дисциплин студентам.

Общая характеристика и основное содержание работы компактно представлены в автореферате диссертации. Представленная работа своевременна в свете тенденций поиска новых полифункциональных материалов и выполнена с использованием современного высокоточного оборудования; это гарантия высокой востребованности результатов работы как в теоретическом, так и в прикладном плане.


Основные результаты диссертации опубликованы в 18 работах. Личный вклад соискателя в исследования подтверждается как участием в публикациях, так и докладами на научных конференциях и совещаниях.

Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, представляет собой завершённое исследование, с чётко поставленными целями, достоверными результатами и выводами. Поэтому, учитывая актуальность диссертационной работы, научную новизну полученных результатов, практическое значение, достоверность данных, широко апробированных в научной печати, на научных конференциях, - считаем, что диссертация Плеханова Александра Георгиевича является завершённой научно-квалификационной работой, несомненно, соответствующей требованиям к докторским диссертациям, п.9 Положения о присуждении учёных степеней и соответствует специальности 02.00.04 – физическая химия и отрасли – химические науки, по которой она представлена. Автор работы Плеханов Александр Георгиевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Заслуженный деятель науки РФ и РБ,
главный научный сотрудник лаборатории
оксидных систем ФГБУН Байкальский институт
природопользования СО РАН, д.х.н., профессор

 - Ж.Г. Базарова

Ведущий научный сотрудник лаборатории
оксидных систем ФГБУН Байкальский институт
природопользования СО РАН, д.ф.-м.н., доцент

 Б.Г. Базаров

Базарова Жибзема Гармаевна, главный научный сотрудник, д.х.н., профессор
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт
природопользования Сибирского отделения Российской академии наук
670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6, тел. +7(301)2-433362, e-mail:
jbaz@binm.ru

Базаров Баир Гармаевич, ведущий научный сотрудник, д.ф.-м.н., доцент
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт
природопользования Сибирского отделения Российской академии наук,
670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6, тел. +7(301)2-433362, e-mail:
bazbg@rambler.ru,

31.10.2017 г., г. Улан-Удэ

Подписи Базаровой Ж.Г. и Базарова Б.Г. «ЗАВЕРЯЮ»
Учёный секретарь БИП СО РАН, к.х.н.



Е.Ц. Пинтаева