

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 533.9

Григорьев
Александр Сергеевич

Синтез субмикронных частиц диоксида кремния в плазме диэлектрического
барьерного разряда

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 «Нанотехнологии и
наноматериалы (в электронике)»

Научный руководитель
Родионов Юрий Анатольевич
канд. техн. наук, доцент

Минск 2018

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Плазмохимические технологии, основанные на использовании низкотемпературной плазмы атмосферного давления, начали активно разрабатываться в мире около 15 лет назад. Именно с этого момента времени наблюдается экспоненциальный рост количества публикаций, посвященных низкотемпературной плазме, создаваемой при атмосферном давлении. Большинство таких источников плазмы отличается простотой и сравнительно низкими эксплуатационными затратами. Важной особенностью плазмохимических процессов, протекающих при атмосферном давлении, являются приблизительно на три порядка более высокие парциальные давления реагентов по сравнению с процессами, осуществляемыми при пониженных давлениях, что позволяет ожидать более высоких скоростей протекания химических реакций. Это обстоятельство делает их особенно привлекательными для процессов получения порошкообразных материалов, основанных на гомогенном протекании химических реакций.

Порошкообразные материалы с субмикронными и наноразмерными частицами обладают уникальными свойствами и уже в настоящее время находят широкое применение в качестве компонентов композиционных материалов и наноструктурированных покрытий различного функционального назначения, составных частей высокоэффективных топлив, медицинских средств и т.д.

Частицы оксида кремния широко применяются для изготовления теплоизоляторов, в оптоэлектронике, в качестве компонента для повышения прочностных, термодинамических характеристик и износостойкости материалов. Для получения просветляющих покрытий используются нанопорошки со средним размером частиц менее 40 нм. Также частицы оксида кремния получили широкое применение в медицине и косметической области.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Актуальность работы связана с необходимостью постановки и экспериментального изучения метода получения субмикронных и наноразмерных частиц диоксида кремния заданных размеров, применяемых в оптоэлектронике, для получения просветляющих покрытий, в качестве компонента для повышения прочностных, термодинамических характеристик и износостойкости материалов, а также в медицине и косметической области.

Цель и задачи исследования. Экспериментальное изучение систем питания и формирования диэлектрического барьерного разряда, а также процесса формирования частиц диоксида кремния в плазме диэлектрического барьерного разряда. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение теоретических аспектов физико-химических процессов формирования субмикронных и наноразмерных частиц.
2. Разработка экспериментальной установки с возможностью варьирования наиболее значимых параметров.
3. Разработка методик и режимов формирования субмикронных и наноразмерных частиц.
4. Исследование полученных результатов и режимов формирования частиц в плазме диэлектрического барьерного разряда.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является разработанный экспериментальный комплекс, разрядная система и методы формирования частиц диоксида кремния. Предметом исследования являются полученные зависимости и закономерности формирования частиц в зависимости от геометрических параметров разрядной системы, мощности разряда, а также от температуры и состава реагента, скорости потока газа-носителя аргона.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Зависимости среднего размера формируемых частиц диоксида кремния от условий проведения экспериментов в плазме диэлектрического барьерного разряда (геометрические параметры разрядной системы, мощность разряда, температура и состав реагента, скорость потока газа-носителя).
2. Определение наиболее важных параметров, влияющих на размер и агломерацию формируемых частиц диоксида кремния, а именно: длительность обработки, мощность разряда, концентрация реагента.

3. Получение частиц диоксида кремния в диапазоне от 15 нм до 45 нм.

Также приведены факты, определяющие актуальность и интенсивное развитие данной технологии для формирования частиц диоксида кремния заданного размера.

Личный вклад соискателя. Все основные результаты и выводы получены соискателем самостоятельно. Анализ основных аспектов физико-химических процессов формирования субмикронных и наноразмерных частиц проводились соискателем лично. Разработка экспериментальной системы и разработка методик формирования частиц диоксида кремния проводились совместно с научным руководителем кандидатом технических наук, доцентом Родионовым Ю. А.

Публикации. Основные положения работы и результаты диссертации изложены в 4 опубликованных работах, представленных в материалах международных научно-практических и научно-технических конференций.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 34 наименований. Общий объём диссертации составляет 59 страниц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены преимущества применения плазмы атмосферного давления, а также даётся обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **первой главе** описаны технологии формирования субмикронных и наноразмерных частиц. Рассмотрены физико-химические принципы формирования субмикронных и наноразмерных частиц, а также методы их получения.

Во **второй главе** описан разработанный экспериментальный комплекс для формирования субмикронных и наноразмерных частиц диоксида кремния, представлены методики проведения исследования данных частиц. Определены основные зависимости физико-химических свойств субмикронных и наноразмерных частиц от процесса и промежуточных параметров.

В **третьей главе** представлены результаты исследований характеристик субмикронных и наноразмерных частиц диоксида кремния от вида и параметров разряда, а также в зависимости от состава реагента и скорости потока газа-носителя.

В **выводах** кратко изложены основные результаты магистерской диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над магистерской диссертацией был проведен аналитический обзор методов получения субмикронных и наноразмерных частиц. Было установлено, что метод получения в плазме диэлектрического барьерного разряда является одним из перспективных для формирования субмикронных и наноразмерных частиц оксида кремния с заданными размерами.

В общем случае размер частиц, полученных в плазме диэлектрического барьерного разряда, определяется мощностью разряда, соотношением подаваемых реагентов и геометрическими параметрами разрядной системы.

Исходя из результатов представленных исследований можно говорить о применимости метода получения частиц в плазме диэлектрического барьерного разряда для формирования наноразмерных частиц диоксида кремния в диапазоне от 15 нм до 45 нм.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

[1-А] Применение диэлектрического барьерного разряда в технологии обработки поверхности / Гарелик Т. В., Бабицкий В. С., Григорьев А. С., Пашковский П. М., Зеневич Г.В. // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – 2015 – С. 105-106.

[2-А] Применение диэлектрического барьерного разряда в технологии нанесения тонких пленок диоксида кремния / Гарелик Т. В., Бабицкий В. С., Григорьев А. С., Пашковский П. М., Сигаи О. С. // XXIII Международная научно-практическая конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния». – 2015. – Гродно : ГрГУ, 2015 – С. 224–227.

[3-А] Модификация поверхности материалов в плазме атмосферного разряда / Гарелик Т. В., Бабицкий В. С., Григорьев А. С., Пашковский П. М., Сигаи О. С. // Конференция «Молодежь в науке – 2015». – Минск, 2015 – С. 91–93.

[4-А] Изменение гидрофильных свойств поверхности методом обработки в плазме атмосферного разряда / Гарелик Т. В., Григорьев А. С., Пашковский П. М., Сигаи О. С. // XXIV Международная научно-практическая конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния». – 2016. – Гродно : ГрГУ, 2016 – С. 110–113.