

## Решение

диссертационного совета Д 212.079.02 (выписка из протокола № 32 от 21.12.16 г.) о приеме к защите диссертации Барановой Ларисы Васильевны на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы»

**Присутствовали:** Председатель совета - д.т.н., проф. Ю.Ф. Гортышов (специальность 01.04.14); зам. председателя - д.т.н.; проф. В.Г. Крюков (05.07.05), ученый секретарь - д.т.н. В.А. Алтунин (05.07.05).

Члены совета: д.т.н. А.Л. Абдуллин (05.07.05); д.т.н., проф. Б.Е. Байгалиев (01.04.14); д.т.н., проф. Ф.Р. Габитов (01.04.14); д.ф.-м.н., проф. И.Г. Галеев (01.02.05); д.ф.-м.н., проф. Ф.М. Гайсин (01.02.05); д.т.н., проф. В.М. Гуреев (01.04.14); д.т.н. И.А. Давлетшин (01.02.05); д.т.н., доцент З.И. Зарипов (01.04.14); д.т.н., проф., А.В. Кочергин (05.07.05); д.ф.-м.н., доцент А.Н. Кусюмов (01.02.05); д.т.н., проф. А.Н. Лунев (05.07.05); д.т.н., проф. Б.Г. Мингазов (05.07.05); д.т.н., проф. Н.И. Михеев (01.02.05); д.т.н., проф. Г.И. Павлов (05.07.05); д.т.н., проф. И.А. Попов (01.04.14); д.т.н., проф., А.Г. Саттаров (05.07.05); д.т.н., проф. С.Э. Тарасевич (01.04.14); д.ф.-м.н., проф. Б.А. Тимеркаев (01.02.05); д.т.н. М.Г. Хабибуллин (05.07.05); д.т.н., проф. А.В.Шукин (01.04.14).

### Повестка дня:

Представление к защите диссертации Барановой Л. В. «Состав, структура и оптические свойства пленок кремния, полученных методом струйного плазмохимического осаждения» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы».

**Слушали:** положительное заключение председателя экспертной комиссии диссертационного совета Д 212.079.02 при ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» д.ф.-м.н., проф. Б.А. Тимеркаева (члены комиссии д.ф.-м.н., проф. Г.Ю. Даутов, д.ф.-м.н., проф. И.Г. Галеев) о приеме к защите диссертации Барановой Ларисы Васильевны.

### Постановили:

1. Утвердить положительное заключение экспертной комиссии.
2. Принять к защите диссертацию Барановой Л.В.
3. Утвердить:

- в качестве официальных оппонентов признанных специалистов в области механики жидкости, газа и плазмы:

- д.ф.-м.н., профессора, Желтухина Виктора Семеновича, главного научного сотрудника кафедры "Плазмохимические и нанотехнологии высокомолекулярных материалов", ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» КНИТУ (КХТИ);

- к.ф.-м.н., Сайфутдинова Алмаза Ильгизовича, ведущего научного сотрудника, ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

- в качестве ведущей организации - ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе» СО РАН, (г. Новосибирск), известный своей научной школой в области механики жидкости, газа и плазмы.

4. Назначить срок защиты: 15.03.2017 г. в 10:00 часов.

5. Утвердить список рассылки автореферата.

6. Разрешить публикацию и рассылку автореферата.

Присутствовало на заседании: 23 чел.

Результаты голосования:

«за» - 23 чел., «против» - нет, «воздержавшихся» - нет.

Председатель совета  
Д. 212.079.02, д.т.н., проф.

Ученый секретарь  
совета, д.т.н.



Ю.Ф. Гортышов

В.А. Алтунин

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

диссертационного совета Д 212.079.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук при Казанском национальном исследовательском техническом университете им. А.Н. Туполева о диссертационной работе Барановой Ларисы Васильевны, выполненной на тему: "Состав, структура и оптические свойства пленок кремния, полученных методом струйного плазмохимического осаждения".

Диссертационная работа Л. В. Барановой посвящена установлению взаимосвязи свойств пленок  $a\text{-Si}$  с процессами генерации и осаждения «целевых» радикалов силана, с целью контролирования процессов формирования пленок и прогнозирования их качества, для повышения эффективности технологических процессов осаждения тонкопленочных покрытий аморфного кремния на основе струйного плазмохимического метода с использованием сверхзвуковых струй, истекающих в вакуумную камеру через систему сверхзвуковых сопел, Сверхзвуковая плазменная струя является транспортным каналом доставки равновесного состава продуктов разложения до подложки.

Впервые определены оптимальные параметры генерации радикалов  $\text{SiH}_n$ , состав и характеристики плазмы ВЧЕ-разряда в системах  $\text{SiH}_4+\text{Ar}$ , установлено влияние состава реакционной газовой смеси, условий генерации частиц в ВЧЕ-плазматроне и параметров процесса на качество и состав пленок, найдены пределы варьирования параметров осаждения, обеспечивающие наилучшее качество тонкопленочных покрытий аморфного кремния струйным плазмохимическим методом из аргон-силановой плазмы с использованием сверхзвукового истечения, представляющие интерес для технологических процессов.

На основании полученной информации разработан способ осаждения пленок аморфного кремния в плазме ВЧЕ-разряда вне камеры осаждения с формированием из продуктов разложения сверхзвуковых струй, истекающих в вакуумную камеру

осаждения через сопло, или матрицу сопел, рассчитаны параметры сопел, найдены распределения в сопле газодинамических параметров давления, скорости газа, температуры, создана экспериментальная установка для осуществления этого метода.

Расчет распределений давления и температуры по длине сопла, доказывает, что истечение продуктов распада в плазмотроне до подложки осуществляется сверхзвуковой струей и, что при этом за счет низкого значения поступательной температуры на выходе из сопел значительно уменьшаются релаксационные потери – «замораживаются» колебательные степени свободы и, следовательно, увеличивается энергетическая эффективность процесса. Это приводит к тому, что на поверхности растущей пленки вступают в реакцию только продукты первичного взаимодействия электронов с молекулами кремнийсодержащего газа. В активной зоне совместно с разложением силана, происходят различные реакции между радикалами в зоне разряда, которые могут приводить к образованию высших силанов. При этом будет изменяться состав плазмы и качество растущей пленки. Определение режимов и условий поддержания газового разряда позволит получать пленки аморфного кремния приборного качества.

Способ и устройство осаждения пленок кремния могут быть использованы в производстве полупроводниковых приборов и интегральных схем, установленные оптимальные параметры осаждения тонких пленок аморфного и микрокристаллического кремния рекомендованы для технологии получения фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии.

Диссертационная работа Барановой Л.В. соответствует паспорту научной специальности 01.02.05.– механика жидкости, газа и плазмы, пунктам 5 (динамика разреженных газов и молекулярная газодинамика), 16 (гидромеханика сред, взаимодействующих с электромагнитным полем. Динамика плазмы), 17 (экспериментальные методы исследования динамических процессов в жидкостях и газах), 3 (ламинарные и турбулентные течения), 4 (течения сжимаемых сред и ударные волны).

Соответствие содержания диссертационной работы по специальности 01.02.05.– механика жидкости, газа и плазмы, по которой она представляется к защите, подтверждается содержанием работы, использованием широкого спектра методов исследования, апробацией работы в аудиториях физиков-плазменщиков, ее научной новизной и практической значимостью. Результаты работы представлены в достаточном количестве публикаций (14), 5 из которых являются статьями из списка ВАК, 2 патента, 2 научных отчета во ФГАНУ ЦИТиС.

Диссертация Л.В. Барановой представляет собой законченное и самостоятельное исследование, содержащее результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью, которое вносит вклад в понимание процессов, происходящих в газоразрядной плазме. Она отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, соответствует требованиям п. 8 “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, содержит решение задачи, имеющей существенное значение для физики химически активной плазмы.

Полученные диссертантом данные подтверждены либо данными из литературы, либо собственными исследованиями автора, полученными различными методами, что позволяет оценивать представленные данные как достоверные. Экспертная комиссия предлагает назначить по рассматриваемой диссертационной работе:

в качестве ведущей организации – ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН;

в качестве официальных оппонентов:

- д.ф.-м.наук, профессора, главного научного сотрудника кафедры "Плазмохимические и нанотехнологии высокомолекулярных материалов", КНИТУ (КХТИ) Виктора Семеновича Желтухина;

- к.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника КФУ Алмаза Ильгизовича Сайфутдинова.

С учетом вышеизложенного экспертная комиссия рекомендует принять к защите в диссертационный совет Д 212.079.02. диссертационную работу Л.В. Барановой.

Члены комиссии:

Д. ф.-м. наук, проф

Б. А. Тимеркаев

Д. ф.-м. наук, профессор

Г. Ю. Даутов

Д. ф.-м. наук, профессор

И. Г. Галеев

