

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.069.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.02.2016 № 52

О присуждении Чернову Валерию Валерьевичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Исследование плазмохимического синтеза тонких алмазных пленок в плазме, поддерживаемой пересекающимися пучками непрерывного СВЧ излучения миллиметрового диапазона длин волн» по специальности 01.04.08 – физика плазмы принята к защите 21 декабря 2015 г., протокол № 51 диссертационным советом Д 002.069.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федерального исследовательского центра Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН, 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ ФАНО № 334 от 30.06.2015 г.).

Соискатель Чернов Валерий Валерьевич 1986 года рождения в 2003 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» и работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН).

Диссертация выполнена в отделах физики плазмы и физики плазменных технологий ИПФ РАН.

Научный руководитель – Вихарев Анатолий Леонтьевич, доктор физико-математических наук, заведующий отделом физики плазменных технологий ИПФ РАН.

Официальные оппоненты:

- Шибков Валерий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова»,
- Кудрин Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук в своем положительном заключении, подписанном Хаджиевым Саламбеком Наировичем, доктором физико-математических наук, академиком РАН директором ИНХС РАН и Лебедевым Юрием Анатольевичем, доктором физико-математических наук, зав. лабораторией «Плазмохимии и Физикохимии импульсных процессов» ИНХС РАН, указала, что диссертация В.В. Чернова является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне и на актуальную тему. Как по уровню проведенных исследований, так и по полученным результатам работа полностью отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе 16 работ по теме диссертации: 7 статей в рецензируемых научных журналах, 8 статей в сборниках

трудов российских и международных конференций и один патент РФ на изобретение. Наиболее значимыми работами являются:

1. Chernov V.V., Vikharev A.L., Gorbachev A.M., Kozlov A.V., Vul' A.Ya., Aleksenskii A.E. The nucleation and growth of nanocrystalline diamond films in millimeter-wave CVD reactor // Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures. 2012. V. 20. P. 600–605.
2. Ivanov O., Isaev V., Radishev D., Lobaev M., Vikharev A., Chernov V., Kozlov A. and Hirshfield J. High Power Cold Cathode Employing Diamond and Related Films // IEEE Plasma Science. 2011. V. 39. №11. part 1. P. 2794–2795.
3. Вихарев А.Л., Горбачев А.М., Радищев Д.Б., Чернов В.В., Козлов А.В. Исследование непрерывного СВЧ разряда в двух пересекающихся волновых пучках миллиметрового диапазона длин волн // Изв. вузов. Радиофизика, 2014. Т. 57, №12. С. 970–982.
4. Ivanov O.A., Gorbachev A.M., Vikharev A.L., Lobaev M.A., Isaev V.A., Chernov V.V. Electron Emission Amplification of Cold Cathode by Two-layer Diamond Coating // Phys. Status Solidia. 2015. V. 212 (8). P. 1779–1784.

На диссертацию и автореферат поступили 6 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечают актуальность диссертации, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В положительном отзыве ведущей организации были сделаны следующие замечания: 1) отсутствие численной оценки установления равновесия между газовой и вращательной температурой; 2) отсутствие на рисунках погрешности экспериментально измеренных величин; 3) неудачное использование термина «усредненная» для концентрации электронов, измеряемой оптическими методами; 4) Отсутствие данных о пространственно разрешенных измерениях в главе 2; 5) обоснованность выбора метода Монте Карло для расчетов функции распределения электронов по энергиям.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. В.М. Шибкова содержит следующие замечания: 1) обоснованность применения выбранных спектральных методов для измерения параметров плазмы; 2) отсутствие

исчерпывающего пояснения получаемого уровня точности при измерениях концентрации электронов; 3) отсутствие учета влияния химических превращений на возможность измерения температуры газа по полосе Свана радикала C_2 и корректность использования частично разрешенных спектров при таких измерениях; 4) отсутствие сравнения определения энергоцены атомов водорода, прилетевших на подложку, при помощи аналитических расчетов и численного моделирования.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. А.В. Кудрина содержит следующие замечания: 1) отсутствие пояснения абсолютной погрешности измерений концентрации электронов; 2) отсутствует пояснение вывода о слабой зависимости температуры электронов в газовом разряде от условий его поддержания; 3) четко не оговорены приближения, из которых сделано предположение о локальной зависимости температуры электронов от абсолютного значения приведенного эффективного электрического поля; 4) не обосновано пренебрежение эффектом термодиффузии при расчетах распределения концентрации электронов.

В положительном отзыве на автореферат от д.ф.-м.н. Ю.С. Акишева (АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ") содержится следующие замечания: 1) отсутствует количественная информация о том, во сколько раз увеличивается эмиссионный ток с катода при наличии на нем двухслойной алмазной пленки по сравнению с катодом без алмазных пленок; 2) нет данных о прочности сцепления двухслойного алмазного покрытия с катодом и о ресурсе работы такого катода.

Положительные отзывы на автореферат от к.ф.-м.н. Д.М. Карфидова (ИОФ РАН), от к.тех.н. И.Ф. Алтухова (АО «ЦНИТИ «Техномаш»), от к.ф.-м.н. Ю.Ю. Федорова и к.тех.н. А.К. Смирновой (АО «НПП «Исток») критических замечаний не содержат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в области физики плазмы, а одним из важнейших направлений

научной деятельности ведущей организации являются исследования в области физики низкотемпературной плазмы и ее применений.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- экспериментально показано устойчивое поддержание газового разряда в виде тонкого плазменного слоя в двух пересекающихся над подложкой волновых пучках непрерывного СВЧ излучения с частотой 30 ГГц в Ar-H₂-CH₄ и Ar-H₂ газовых смесях с содержанием аргона более 50% в диапазоне давлений газа от 150 до 400 Торр;
- экспериментально получены зависимости средних значений температуры газа и электронной концентрации от содержания аргона, давления газа и падающей СВЧ мощности в разряде, поддерживаемом в двух волновых пучках в Ar-H₂-CH₄ газовой смеси;
- экспериментально получено пространственное распределение температуры газа и потока атомарного водорода на подложку вдоль направления распространения волновых пучков;
- экспериментально показано улучшение однородности и увеличение плотности тока электронной эмиссии молибденовых катодов с алмазными покрытиями, полученными при различных условиях осаждения, по сравнению с катодами без алмазных пленок
- экспериментально показано усиление эмиссионного тока с металлических катодов за счет их покрытия двухслойной алмазной пленкой с проводящим (легированным азотом) первым слоем и диэлектрическим вторым слоем.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

- построена двумерная численная модель, адекватно описывающая непрерывный СВЧ разряд в виде тонкого плазменного слоя, поддерживаемого в двух пересекающихся над подложкой волновых пучках миллиметрового диапазона длин волн;
- при помощи численной модели показано, что, в отличие от Ar-H₂-CH₄ газовой смеси с содержанием Ar > 50%, при создании плазменного слоя в H₂-CH₄ газовой

смеси СВЧ излучением с частотой 30 ГГц существует комбинация параметров: давления газа, СВЧ мощности, конфигурации и формы волновых пучков, обеспечивающих однородный поток атомарного водорода на подложку диаметром 100 мм.

- предложено использовать величину энергии, требуемой для доставки одного атома водорода на подложку (энергоцены), в качестве критерия для определения оптимальных условий поддержания СВЧ разрядов, обеспечивающих однородный поток атомарного водорода на подложку.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в том, что:

- предложен и апробирован метод предварительной подготовки подложки, позволяющий создать плотный одночастичный слой центров роста алмаза на ее поверхности;

- определен диапазон оптимальных условий поддержания СВЧ разрядов в двух пересекающихся пучках СВЧ излучения, обеспечивающих однородный поток атомарного водорода на подложку большой площади;

- изготовлены металлические катоды с алмазным покрытием, обладающие лучшими эмиссионными свойствами, чем катоды без покрытия.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- экспериментальные результаты получены на современном оборудовании, на экспериментальных стендах, созданных в лабораториях России.

Продемонстрирована хорошая воспроизводимость результатов;

- полученные результаты соответствуют современным теоретическим моделям рассматриваемых явлений;

- установлено качественное и количественное совпадение результатов, представленных в диссертации, с результатами, полученными независимыми научными группами.

Личный вклад соискателя состоит:

- в постановке задач, подготовке и проведении экспериментов, проведении теоретического анализа и численного моделирования, а также обработке полученных данных и интерпретации результатов.

Результаты, полученные в диссертации, вносят существенный вклад в научное направление, связанное с исследованием СВЧ разряда и его применением в CVD синтезе алмазных пленок.

На заседании от 29.02.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Чернову В.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 22, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Зам. председателя диссертационного совета
академик РАН

А.Г. Литвак

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук

Ю.В. Чугунов

подписи А.Г. Литвака и Ю.В. Чугунова заверяю:

ученый секретарь ИПФ РАН
кандидат физ.-мат. наук



И.В. Корюкин

«29» февраля 2016 г.