

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ОБЪЕДИНЁННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.12.2016 г. № 17

О присуждении Левченко Владимиру Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Генерация ультрафиолетового излучения ртутным разрядом с высокой плотностью тока при низких давлениях» по специальности 01.04.08 – физика плазмы, принята к защите 19.10.2016 г., протокол № 14, диссертационным советом Д 002.110.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru, тел. 8-4954858345), утверждённым Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Левченко Владимир Александрович 1989 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)». Являлся аспирантом Московского физико-технического института (государственного университета) с 1 сентября 2012 года по 31 августа 2016 года.

Работает инженером в Светотехнической лаборатории Открытого акционерного общества «ЛИТ-ФОНОН» (ОАО «ЛИТ-ФОНОН»).

Диссертация выполнена в Светотехнической лаборатории ОАО «ЛИТ-ФОНОН».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Василяк Леонид Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории № 1.2.1.1 (плазменно-пылевых процессов), НИЦ-1 ТЭС ОИВТ РАН.

Официальные оппоненты:

Курнаев Валерий Александрович, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой физики плазмы Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ МИФИ, 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31, <https://mephi.ru/>, тел. 8- 495-7885699),;

Шахатов Вячеслав Анатольевич, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории №14 Федерального государственного учреждения науки «Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук» (ИНХС РАН, 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д. 29, www.ips.ac.ru, тел. 8-(495)-954-42-75);

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские Горы, д.1, www.msu.ru, 8-(495) 939-35-51) в своём положительном заключении, подписанном Чернышом Владимиром Савельевичем, д.ф.-м.н., профессором, и.о. заведующего кафедрой физической электроники МГУ им. М.В. Ломоносова (составленном Двининым Сергеем Александровичем, д.ф.-м.н., доцентом, учёным секретарём кафедры физической электроники МГУ им. М.В. Ломоносова), указала, что:

1. В диссертационной работе Левченко В.А. получены зависимости КПД генерации и потока ВУФ излучения линии 185 нм от давления и состава неон-аргоновой буферной смеси при низких давлениях 0,1-2 Торр и частоте разрядного тока 80 кГц. Произведены измерения падения напряжения и величины рассеиваемой мощности в приэлектродных слоях электрического разряда в смеси паров ртути и инертных газов Ne-Ar при частоте тока 80 кГц.
2. Модифицирована замкнутая самосогласованная модель электрического разряда в парах ртути с учетом частичного перемешивания уровня линии 185 нм и впервые выполнены расчеты параметров ртутного разряда для смесей неон-

аргон при давлении 0,1 – 2 Торр и выхода резонансного излучения на длинах волн 185 и 254 нм.

3. В диссертации впервые получены характеристики индукционного разряда и генерации УФ излучения линии 254 нм для давлений буферной смеси Ne-Ar менее 1 Торр в безэлектродных лампах трансформаторного типа с малым внутренним диаметром разрядной трубки при частоте тока разряда 265 кГц. Показано, что генерация УФ излучения линии 254 нм такая же, как в линейных электродных лампах.

4. Изучено влияние малых добавок Kr к буферной смеси неон-аргон в газоразрядных лампах низкого давления с высокой погонной мощностью. Установлено, что малая добавка менее 1% Kr к смеси Ne-Ar, позволяет повысить КПД генерации УФ излучения и существенно понизить мощность разряда. Обнаружено, что малая добавка криптона позволяет увеличить в 2 раза физический срок службы лампы.

Результаты диссертационной работы Левченко В.А. могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, в частности, в Объединенном институте высоких температур РАН, в Санкт-Петербургском Мордовском, Петрозаводском и Дагестанском государственных университетах, Институте нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН, Институте Общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Физико-энергетическом институте им. А. И. Лейпунского, Московском физико-техническом институте, НИЦ "Курчатовский институт", ОАО «ЛИТ ФОНОН», НПО ЛИТ.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ по теме диссертации, из них 11 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК:

1. Левченко В.А., Василяк Л.М., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Свитнев С.А., Шаранов Е.П. ВУФ излучение ртутного разряда при давлении буферного газа менее 1 Торр // Успехи прикладной физики. 2016. № 3. С. 256-264. Вклад диссертанта – 8 страниц из 9.
2. Свитнев С.А., Попов О.А., Левченко В.А., Старшинов П.В. Характеристики бесферритного индукционного разряда низкого давления. Часть

1. Электрические параметры индуктивной катушки // Успехи прикладной физики. 2016. № 2. С. 139-149. Вклад диссертанта – 5 страниц из 11.
3. Левченко В. А., Старшинов П. В., Свитнев С. А., Попов О. А., Костюченко С.В. Влияние давления инертного газа на генерацию УФ-излучения лампы трансформаторного типа с разрядной трубкой малого диаметра // Прикладная физика. 2016. №1. С. 66-71. Вклад диссертанта – 5 страниц из 6.
4. Левченко В.А., Попов О.А., Свитнев С.А., Старшинов П.В. Электрические и излучательные характеристики лампы трансформаторного типа с разрядной трубкой диаметром 16,6 мм.// Светотехника. 2016. №1. С. 41-44. Вклад диссертанта – 3 страницы из 4.
5. Свитнев С.А., Попов О.А., Левченко В.А. Характеристики высокочастотной 13,56 МГц бесферритной индукционной ультрафиолетовой лампы // Прикладная физика. 2015. №6. С. 92-97. Вклад диссертанта – 3 страницы из 6.
6. Левченко В.А., Васильев А.И., Василяк Л.М., Костюченко С.В., Кудрявцев Н. Н. Увеличение физического срока службы мощных газоразрядных ламп низкого давления // Прикладная физика, 2015, №5. С. 90-94. Вклад диссертанта – 4 страницы из 5.
7. Levchenko V. A., Vasilyak L. M., Kostyuchenko S. V., Kudryavtsev N. N., Svitnev S. A., Sokolov D. V., Shunkov Yu. E. Protective Coatings with a Mixed Composition for Low_Pressure Discharge Amalgam Lamps//Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2015. Vol. 51. No. 1. P. 54–57. Вклад диссертанта – 3 страницы из 4.
8. Василяк Л.М., Кудрявцев Н.Н., Левченко В.А., Шунков Ю.Е. Экспериментальное исследование генерации ВУФ излучения разрядом низкого давления в смеси паров ртути и инертного газа. // Физическое образование в вузах. 2015. Т.21. №1С. С 67. Вклад диссертанта – 1 страница из 1.
9. Василяк Л.М., Воронов А.М., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Левченко В.А., Собур Д.А., Соколов Д.В., Шунков Ю.Е. Влияния синусоидальной и прямоугольной форм тока повышенной частоты на резонансное излучение

ртутного разряда НД // Светотехника. – 2015. - №1. – С.50-52. Вклад диссертанта – 1 страница из 3.

10. Свитнев С.А., Старшинов П.В., Левченко В.А., Попов О.А. Экспериментальные исследования электрических и оптических характеристик безэлектродной УФ-лампы трансформаторного типа//Светотехника. 2014. №6. С. 39-43. Вклад диссертанта – 2 страницы из 5.

11. Шунков Ю.Е., Попов О.А., Левченко В.А. Экспериментальное изучение генерации ВУФ излучения разрядом низкого давления в смеси паров ртути и инертных газов на частоте 10-80 кГц // Вестник МЭИ. 2014. №2. С. 51-55. Вклад диссертанта – 2 страницы из 5.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), г. Санкт-Петербург** (д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой оптики физического факультета СПбГУ Тимофеев Николай Александрович) – отзыв положительный с замечаниями:

- Кинетическое уравнение (1) написано в нелокальном приближении. В реферате же указывается, что оно решается «в локальном приближении» (стр. 7). По-видимому, это опечатка. Если же оно действительно решалось в локальном приближении, то следовало бы обосновать допустимость его использования (для исследованных давлений газов и размеров разрядных трубок это не очевидно);

- Исследованы разряды при достаточно высоких плотностях разрядного тока и в диапазоне его изменения 2-3 раза. Нагрев газа должен быть заметным и разным для разных токов. Из текста автореферата не ясно, как стабилизировалось давление паров ртути в разрядной трубке при различных значениях тока (и стабилизировалось ли оно вообще).

2. **Дагестанский государственный университет (ДГУ), г. Махачкала** (д.ф.-м.н., профессор кафедры физической электроники, проректор по научной работе ДГУ Ашурбеков Назир Ашурбекович) – отзыв положительный, в качестве замечания указано, что периодически автором используются термины не являющиеся общеупотребимыми.

3. Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН), г. Москва (д.ф.-м.н., заведующий лабораторией ИОФ РАН Фирсов Константин Николаевич) – отзыв положительный с замечаниями:

- Обращают на себя внимание расплывчатость некоторых формулировок выводов. Например, не ясен смысл предложения: «Показано, что генерация УФ излучения линии 254 нм такая же, как в линейных электродных лампах». «Генерация», если этот термин вообще применим в случае некогерентного источника излучения, описывается известными физическими параметрами;
- В автореферате приводится множество экспериментальных результатов без их физической интерпретации, например, нет объяснения роли «легкоионизируемого» криптона в наблюдаемых явлениях;
- На рис. 3-7 не показаны ошибки измерений. При малом количестве точек на графиках рис. 3 наблюдаемый максимум вполне может быть выбросом в пределах ошибки.

4. Научно-исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»), г. Москва (к.т.н., доцент кафедры Светотехники института радиотехники и электроники НИУ «МЭИ» Смирнов Павел Александрович) – отзыв положительный с замечанием:

- В разделе «Научная новизна», п.4 (стр. 4) автор пишет, что, как показали проведённые им эксперименты, малая добавка криптона к смеси Ne-Ar продлевает «время работы лампы». В разделе «Положения, выносимые на защиту» (стр. 5) автор пишет, что малая добавка криптона увеличивает «время жизни лампы». А на стр. 10, обсуждая методику проведения того же эксперимента, соискатель использует выражении «срок службы лампы». Требуется разъяснения такого разночтения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается проводимыми ими исследованиями по теме диссертации.

Выбор Курнаева Валерия Александровича в качестве оппонента обосновывается тем, что он является известным специалистом в области физики плазмы, по газовому разряду и по воздействию плазмы на поверхность:

1. Isaev N. V., Klykov I. L., Peskov V. V., Shustin E. G., Vizgalov I. V., Kurnaev V. A. A plasmochemical reactor based on a beam-plasma discharge. //Instruments and Experimental Techniques. 2014. Volume 57. Issue 1. Pages 82-85.
2. V. Kurnaev, I.Vizgalov, K. Gutorov, T. Tulenbergenov, I. Sokolov, A. Kolodeshnikov, V. Ignashev, V. Zuev, I. Bogomolova, N. Klimov. Investigation of plasma-surface interaction at plasma beam facilities.// Journal of Nuclear Materials. 2015. V.463. P. 228-232.
3. V. Kurnaev, O. Afonin, A. Antipenkov, N. Koborov, T. Mukhammedzyanov, V. Ochkin, R. Pearce, E. Pleshkov, F. Podolyako, I. Sorokin, V. Urusov, I. Vizgalov, G. Voronov, K. Vukolov, L. Worh, L-2M team. Spectroscopic localization of water leaks in ITER. //Fusion Engineering and Design. 2013. V.88. Issue.6-8. P. 1414-1417.

Выбор Шахатова Вячеслава Анатольевича в качестве оппонента обосновывается тем, что он является известным специалистом в области диагностики плазмы, плазмохимии и кинетики процессов в плазме, построения кинетических моделей плазмы:

1. Шахатов В.А., Лебедев Ю.А. Метод эмиссионной спектроскопии в исследовании влияния состава смеси гелия с азотом на характеристики тлеющего разряда постоянного тока и СВЧ - разряда // ТВТ. 2012. Т.50. №5. С.705.
2. Шахатов В.А., Мавлюдов Т.Б., Лебедев Ю.А., Исследования функций распределения молекулярного азота и иона по колебательным и вращательным уровням в тлеющем разряде постоянного тока и СВЧ – разряде в смеси азота с водородом методом эмиссионной спектроскопии // ТВТ. 2013. Т.51. №4. С.612.
3. Шахатов В.А., Лебедев Ю.А., Диагностика возбужденных частиц в водородной плазме (обзор). Часть I. Спектральный состав излучения, электронные состояния и излучательные характеристики частиц плазмы // Успехи Прикладной Физики. 2014. Т.2. №6. С.571.
4. Шахатов В.А., Лебедев Ю.А., Lacoste A., Vechu S. Кинетика возбуждения электронных состояний молекул водорода в неравновесных разрядах. Основное электронное состояние // ТВТ. 2015. Т. 53. №4. С.601.

Выбор МГУ им. М.В. Ломоносова в качестве ведущей организации обусловлен тем, что на кафедре физической электроники МГУ им. М.В.

Ломоносова проводятся экспериментальные и теоретические исследования стационарных и высокочастотных разрядов низкого давления:

1. Задириев И.И., Рухадзе А.А., Кралькина Е.А., Павлов В.Б., Вавилин К.В., Тараканов В.П., Математическое моделирование емкостного ВЧ разряда низкого давления, помещённого во внешнее радиальное магнитное поле, посредством программы KARAT // Инженерная физика. 2016. № 2. С. 59-65.
2. Александров А.Ф., Кралькина Е.А., Павлов В.Б., Вавилин К.В., Неклюдова П.А., Петров А.К., Рухадзе А.А. Поглощения ВЧ мощности плазмой индуктивного разряда низкого давления // Инженерная физика. 2015. № 11. С. 53-65.
3. Александров А.Ф., Вавилин К.В., Кралькина Е.А., Неклюдова П.А., Павлов В.Б., Тараканов В.П. Математическое моделирование индуктивного ВЧ-разряда низкого давления с помощью программы KARAT // Прикладная физика. 2013. № 5. С. 38-41.
4. Вавилин К.В., Гоморев М.А., Кралькина Е.А., Неклюдова П.А., Павлов В.Б., Чжао Ч. Экспериментальное изучение параметров плазмы гибридного ВЧ-разряда низкого давления // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2012. № 1. С. 101-105.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Получены экспериментальные зависимости потока УФ излучения резонансных линий 185 и 254 нм и КПД их генерации положительным столбом дуги низкого давления в парах ртути и смесях неон-аргон в ранее неисследованной области давлений и составов смесей 0,1-2 Торр при высокой плотности тока ($0.7-1.5 \text{ А/см}^2$) частоте 80 кГц в электродных разрядах и 265 кГц в безэлектродных разрядах.

показано, что КПД генерации ВУФ излучения 185 нм при давлении буферной смеси 0,1-2 Торр выше в смесях неон-аргон, чем в чистых газах, и что при давлении выше 1 Торр увеличение плотности тока не приводит к значительному росту потока ВУФ излучения 185 нм;

модифицирована замкнутая самосогласованная модель электрического разряда в парах ртути и смесей неон-аргон и выхода резонансного излучения с учетом частичного перемешивания уровня линии 185 нм. Результаты расчетов параметров ртутного разряда для давлений 0,1 – 2 Торр и выхода резонансного излучения на длинах волн 185 и 254 нм хорошо согласуются с экспериментальными данными;

найденны эффективные защитные покрытия смешанного состава оксид-шпинель для разрядов с высокой плотностью тока;

новых понятий и терминов не вводилось.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

модифицирована замкнутая самосогласованная модель плазмы положительного столба электрического разряда в парах ртути и смесей неон-аргон при давлении 0,1 – 2 Торр для расчета параметров разряда и выхода излучения резонансных уровней с длиной волны 254 и 185 нм с учетом частичного перемешивания уровня линии 185 нм.

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

Полученные экспериментальные данные по генерации УФ и ВУФ излучения, в том числе результаты проведенных исследований по увеличению срока службы, могут быть применены при разработке новых мощных эффективных источников ВУФ и УФ излучения.

Предложенная модель согласуется с экспериментальными данными с погрешностью 10 – 20% и позволяет рассчитывать параметры плазмы разряда и потоки УФ излучения;

Исследованы новые защитные покрытия на основе смеси шпинелей с простыми оксидами щелочноземельных металлов, увеличивающих полезный срок службы ламп.

По результатам проведённых исследований на производственных мощностях ОАО «ЛИТ-ФОНОН» создана партия экспериментальных ламп.

Результаты диссертационной работы Левченко В.А. могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, в частности, в

Объединенном институте высоких температур РАН, в Санкт-Петербургском Мордовском, Петрозаводском и Дагестанском государственных университетах, Институте нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН, Институте Общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Физико-энергетическом институте им. А. И. Лейпунского, Московском физико-техническом институте, НИЦ "Курчатовский институт", ОАО «ЛИТ ФОНОН», НПО ЛИТ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Измерения проведены на современном поверенном оборудовании при использовании проверенных ранее методик. Проведён анализ погрешностей измерений исследуемых характеристик образцов. Измерения проводились на большом количестве экспериментальных образцов и показали хорошую воспроизводимость (в пределах доверительных интервалов на нескольких сериях образцов). Полученные результаты при более высоких давлениях совпадают с известными данными. Результаты численного моделирования находятся в хорошем согласии с экспериментальными результатами. Результаты опубликованы в ведущих рецензируемых журналах.

Личный вклад соискателя состоит в получении основных результатов диссертации. Автор лично создал экспериментальные образцы и системы диагностики, провел большинство экспериментов. Анализ и интерпретация результатов выполнена при определяющем участии автора. Автор предложил модификацию модели для смесей неон-аргон с парами ртути и линии 185 нм. Положения, выносимые на защиту, сформулированы автором лично. Диссертация написана автором лично. Подготовка основных публикаций по выполненной работе осуществлялась совместно с соавторами при определяющем вкладе соискателя. Результаты работы были представлены лично диссертантом на 12 международных и российских конференциях.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалифицированную работу, которая соответствует всем критериям, установленным пунктом 9 Положения о присуждении научных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.

На заседании 21 декабря 2016 года диссертационный совет Д 002.110.02 принял решение присудить Левченко В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человека, из них 12 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 10 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно выведены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 22, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02
к.ф. - м.н.

Г.И. Канель

М.М. Васильев

21.12.2016 г.

М.П.