

ОТЗЫВ

Официального аппонента

С.н.с. ФТИ им. А.Ф. Иоффе (Ioffe Institute)

К.ф.м.н. Лапушкиной Татьяны Алексеевны

На диссертационную работу Михайлова Дмитрия Владимировича

«ТЛЕЮЩИЙ РАЗРЯД В СМЕСИ ПАРОВ ВОДЫ С ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ КАК ИСТОЧНИК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»,

представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.08- Физика плазмы

Несмотря на огромное разнообразие источников света, газоразрядные лампы не теряют своей актуальности и широко используются в технике, в промышленности, в научных исследованиях в качестве хорошо оттарированных источников, а так же в повседневной бытовой жизни, выгодно конкурируя по мощности и спектральному диапазону излучения. Основная претензия к таким источникам – вредная рабочая среда, содержащая примесь ртути. Разработка экологически чистого рабочего тела газоразрядных ламп, тем более относительно дешевого по приготовлению и выгодного по потребляемой мощности – одна из задач прикладной физики плазмы и газового разряда. Эта задача успешно рассматривается в диссертации Д.В.Михайлова.

Основной целью диссертации является исследование газового разряда в среде инертного газа, где в качестве основной присадки, как источника ультрафиолетового излучения, выступает вода. Возбужденные молекулы гидроксидов, образующиеся при развале в разряде молекул воды, создают мощное излучение на длине волны 306.4 нм, возникающее при переходе молекул ОН из возбужденного состояния $A^2\Sigma^+$ в основное $X^2\Pi$, которое по интенсивности в несколько раз превосходит излучение остальных компонентов разряда. Для этого исследуется возможность повышения эффективности генерации излучения молекул гидроксидов путем подбора состава буферного газа, способа быстрой инъекции молекул гидроксидов в разряд и подбора режима питания разряда (постоянный ток, импульсно-периодический разряд), тем самым улучшая характеристики данного разряда как источника оптического излучения.

Практическая значимость и актуальность работы Михайлова М.Д. очевидна: создание источников света, в том числе и когерентных, в ультрафиолетовой и видимой областях спектра с достаточной яркостью, низкой потребляемой мощностью и относительно дешевой экологически чистой рабочей средой – одна из востребованных задач прикладной физики и в частности физики низкотемпературной плазмы и газового разряда.

Работа написана хорошим литературным языком, содержит Введение, четыре Главы и Заключение. Список литературы содержит 79 ссылок, оформленных по всем правилам публикаций. Приведенные 25 рисунков сделаны качественно и визуальное информационно.

Во Введении диссертации обоснована актуальность темы, описано современное состояние исследований по созданию экологически безопасных источников оптического излучения, сформулированы цели диссертационной работы, научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов, приведены публикации и апробация результатов диссертации.

В первой главе диссертации сделан обширный литературный обзор последних исследований в области газоразрядной плазмы в том числе и с примесью воды. Проведен анализ работ по созданию экологически безопасных газоразрядных источников оптического излучения. Прежде всего, рассмотрены разрядные источники с легкоионизируемыми добавками (как правило, парами металлов в смеси с инертными газами; самый известный пример – ртутные люминесцентные лампы, работающие на смеси паров ртути с аргоном), которые обеспечивают высокий коэффициент преобразования электрической энергии в излучение плазмы (чаще всего, ультрафиолетовое). Рассмотрены также разряды на инертных газах и их смесях, разряды с галогенами (эксимерные лампы). Внимание уделено не только тлеющему разряду, но и разрядам с емкостной и индуктивной связью, барьерному разряду, импульсному высоковольтному разряду. Сделан вывод, что все эти разряды, за исключением разрядов на основе инертных газов, экологически небезопасны.

Далее рассмотрены потенциальные экологически безопасные источники оптического излучения на основе смеси паров воды с инертными газами. Сделан вывод, что наилучшие результаты по эффективности излучения были получены в разряде паров воды с аргоном при малых давлениях. На основе анализа проведенных ранее исследований в заключении главы намечены пути дальнейшего улучшения характеристик разряда в смеси паров воды с инертными газами, которые и определяют цели и задачи диссертации.

Во второй и третьей главах диссертации рассмотрена возможность увеличения эффективности генерации ультрафиолетового излучения плазмы разряда (излучения молекул гидроксила 306.4 нм) в смеси паров воды с аргоном с помощью добавления к данной плазме более легкого инертного газа или за счет каталитического разрушения молекул воды при внесении в разрядный объем катализатора TiO_2 путем нанесения его на стенку трубки и дальнейшем ее нагревании. Внесение легкого инертного газа с большим потенциалом ионизации не влияет на процесс ионизации и энергетический баланс газового разряда, но замедляют процесс диффузии молекул гидроксила к стенкам газоразрядной трубки, тем самым увеличивая их количество в разряде. Добавление же молекул диоксида титана в разряд ускоряет процесс разложения молекул воды на молекулу гидроксила и атомарный водород, тем самым так же увеличивая концентрацию гидроксила. Экспериментально и численно путем построения модели образования плазмы, учитывающей данные процессы показано, что при определенных условиях возможно увеличение эффективности генерации излучения молекул гидроксила на длине волны 306.4 нм до 2.5 раз в первом случае и до трех раз во втором.

В четвертой главе диссертации экспериментально исследовался импульсно-периодический разряд в смеси паров воды с аргоном с целью увеличения эффективности светодачи путем уменьшения энергозатрат в разряд. Обоснованную теоретически и численно промоделированную возможность такого увеличения экспериментально не удалось продемонстрировать, по мнению автора, вследствие возникновения отрицательных ионов в послесвечении импульсно-периодического разряда. Проведен так же анализ возможности получения инверсной заселенности возбужденных состояний молекулы гидроксила, рождаемых в результате реакций тушения возбужденных атомов аргона молекулами воды. На этот вопрос так же получен отрицательный ответ.

В Заключении приведены основные выводы диссертационной работы.

Следует отметить, что работа сделана на высоком экспериментальном уровне, что выгодно отличает ее от работ, выполняемых в области газового разряда в последнее время. Но по содержанию диссертации имеются некоторые вопросы и замечания:

1. Результаты импульсно-периодического исследования приведены только для двух значений частоты подаваемых на питание разряда импульсов и одинаковой длительности горения разряда и послесвечения, хотя и энергозатрат и процесс релаксации плазмы зависят от длительности именно послесвечения. Было бы

целесообразно включить в исследование экспериментальные режимы с отличающимися по длительности временами горения разряда и его релаксации.

2. Анализ возможность получения инверсной заселенности возбужденных состояний молекулы гидроксила проведен довольно поверхностно, вывод о невозможности этого процесса сделан в предполагаемой форме, хотя этот пункт вынесен, как одно из защищаемых положений представленной диссертации.
3. Нет единообразия в подписях на рисунках. Подписи на большинстве рисунков, особенно на рисунках, демонстрирующих схемы установки и эксперимента, сделаны на английском языке, хотя есть часть рисунков с подписями на русском, что предпочтительнее.

Эти замечания не влияют на общую оценку диссертации. Диссертационная работа Михайлова Д. В. представляет собой законченное исследование в области физики низкотемпературной плазмы и газового разряда. Получены новые интересные результаты по исследованию возможности создания газоразрядных источников большой светимости в видимом диапазоне излучения с присадкой паров воды, как экологически чистой замене широко используемых ныне паров ртути. Найдены способы повышения эффективности свечения таких источников в 2-4 раза путем добавления более легкого инертного газа в концентрации превышающей концентрацию буферного газа (аргона) и добавлении катализатора TiO_2 , способствующего более быстрому разрушению молекул воды для получения молекул гидроксила, как основного источника ультрафиолетового излучения в рабочем теле лампы. Достоверность результатов обеспечена использованием современной аппаратуры по созданию газового разряда в среде с дозированным распределением веществ, применением проверенных методик исследования параметров плазмы, хорошим согласием с численным моделированием поставленной задачи, а так же воспроизводимостью результатов измерений.

Основные результаты опубликованы в периодической печати и доложены на международных конференциях. Автореферат достаточно полно отражает результаты диссертации. Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям «Положения» ВАК, а ее автор Михайлов Дмитрий Владимирович заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 - «Физика плазмы».

Официальный оппонент

С.н.с. ФТИ им.А.Ф.Иоффе, к.ф.м.н.

Т.А. Лапушкина

09.06.2018

Подпись руки Т.А.Лапушкиной заверяю

Зав. отд.



Лапушкина (ИИ)