

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сорокина Дмитрия Алексеевича

“Оптические свойства плазмы высоковольтного наносекундного разряда, инициируемого убегающими электронами, и ее применение”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика

Диссертационная работа Д. А. Сорокина посвящена исследованию свойств плазмы, формируемой в результате возбуждения газовых сред атмосферного и более давлений высоковольтным наносекундным разрядом, инициируемым убегающими электронами. В работе затронуты вопросы, связанные с диагностикой плазмы данного типа разрядов, её оптическими характеристиками и практическим применением.

Новизна исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, обусловлена недостатком информации о свойствах плазмы, в том числе и оптических, необходимой для построения теории явления высоковольтного наносекундного разряда, инициируемого убегающими электронами.

Актуальность работы обуславливается потенциально широкой возможностью использования низкотемпературной неравновесной плазмы, формируемой в газах и смесях газов при повышенном давлении, как инструмента в научных исследованиях и технологических процессах.

В ходе выполнения диссертационной работы соискателем получены следующие важные результаты:

- При помощи методов оптической эмиссионной спектроскопии для плазмы импульсного и импульсно-периодического высоковольтного наносекундного разряда, инициируемого убегающими электронами, в плотных газовых средах (He, Ar, N<sub>2</sub>) проведены измерения основных плазменных параметров ( $N_e$ ,  $T_e$ ,  $T_v$ ,  $T_r$ ,  $T_g$  и  $E/N$ ), представляющих интерес как с научной точки зрения, так и с точки зрения практического использования данного плазменного объекта. Полученные данные указывают на то, что плазма высоковольтного наносекундного разряда, инициируемого убегающими электронами, в газах и смесях газов при повышенном давлении является неравновесной.
- Исследованы излучательные характеристики плазмы импульсного высоковольтного наносекундного разряда, инициируемого убегающими электронами, в бинарных смесях инертных газов He-Xe и Ar-Xe, в которых более тяжелый газ Xe играет роль примеси. Проведено уточнение природы спектра излучения плазмы в ВУФ-диапазоне спектра вблизи длины волны резонансной линии атома Xe I (146,96 нм), и его принадлежности к спектральным переходам гетероядерных димеров инертных газов

(ArXe\* и HeXe\*). Установлен факт наличия усилительных свойств плазмы бинарной смеси Ar-Xe по отношению к узкополосному ВУФ-излучению гетероядерного димера ArXe\* вблизи длины волны резонансной линии атома ксенона. Последнее, в свою очередь, указывает на возможность использования плазмы бинарных смесей инертных газов в качестве основы для создания оптических квантовых генераторов ВУФ-диапазона спектра с электроразрядным способом накачки.

- В условиях возбуждения дейтерия при давлениях доли-единицы Торр высоковольтным наносекундным разрядом, инициируемым убегающими электронами, в промежутке с потенциальным анодом малого радиуса кривизны и плоским заземленным катодом-мишенью, обогащенным дейтерием, получено стабильное испускание нейтронов вследствие инициирования DD-реакции. Полученный источник нейтронов с длительностью импульса  $\sim 1$  нс имеет меньшую, чем в случае инициирования DT-реакции интенсивность (максимальный выход составил  $N_n \sim 1,2 \cdot 10^4$  нейтронов за импульс в полный телесный угол), однако является более безопасным и менее дорогостоящим. Таким образом, значимость данного результата заключается в возможности создания на основе высоковольтного наносекундного разряда, инициируемого убегающими электронами, короткоимпульсного источника нейтронов, который может быть использован для решения некоторых задач прикладной ядерной физики.
- Получено стабильное, но менее интенсивное (выход составил  $N_n \sim 2 \cdot 10^2$  нейтронов за импульс в полный телесный угол) испускание нейтронов из разрядной плазмы в отсутствие мишеней, обогащенных дейтерием или тритием.

Необходимо отметить достоверность результатов диссертационной работы, которые обусловлены использованием аппаратуры с высоким временным и спектральным разрешением, повторяемостью результатов и корреляцией с экспериментальными и теоретическими результатами авторов других работ.

Материал, представленный в диссертации, опубликован в виде статей в периодических изданиях включенных в Перечень ВАК и индексируемых базами данных РИНЦ, Web of Science и Scopus, а также в коллективной монографии, а также неоднократно докладывался на всероссийских международных научных конференциях.

Диссертационная работа не лишена недостатков, среди которых могут быть отмечены следующие:

- Автор утверждает (стр.9), что газоразрядные лазеры ВУФ диапазона не к настоящему времени не созданы, хотя на эту тему имеются работы W.Sasaki (например: Optics Letters, v.26, pp.503-505,(2001)),

- В автореферате не представлен полный спектр ВУФ диапазона и его динамика, что было бы полезно для анализа плазмохимических процессов по изменению интенсивности гомоядерных димеров,
- Вывод об усилении (п. 4.2) недостаточно обоснован, т.к. он делается только на основании увеличения интенсивности излучения, других факторов (например, сужение линии излучения), не наблюдается и не приводится.

Тем не менее, на основании содержания автореферата диссертации, считаю, что диссертационная работа Дмитрия Алексеевича Сорокина удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатской диссертации, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Даю свое согласие на обработку персональных данных.

В.н.с.АО «Государственный оптический  
Институт им. С.И.Вавилова»,  
д.ф.-м.н. по специальности 01.04.05 – оптика:

Зверева Галина Николаевна

Лаборатория Н-3601, отдел Н-36

199053, г С-Петербург,, Кадетская л. В.О., д.5, корп.2,  
Телефон 89112525530  
zvereva@soi.spb.ru  
<http://www.npkgoi.ru/>

*Зверева 30.10.2015*

Подпись Зверевой Г.Н. заверяю:



Подпись руки *Зверевой Г.Н.*  
Удостоверяю  
*02.11.2015*  
ст. инструктор *Зверев В.А.*