

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по научной  
работе Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки Федерального  
исследовательского центра  
«Институт общей физики  
им. А.М. Прохорова  
Российской академии наук»

канд.ф.-м.н.



/ Кочиев Д.Г./

« 14 » 06 2021 г.

#### ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Зобнина Андрея Вячеславовича «Комплексная газоразрядная плазма: формирование объёмных плазменно-пылевых структур и взаимодействие пылевой компоненты с плазмой тлеющего разряда» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.9 (01.04.08) – физика плазмы

Диссертационная работа А.В. Зобнина посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию трёхмерных структур заряженных макрочастиц в плазме газовых разрядов. Особое внимание в работе уделено изучению процесса зарядки микрочастиц в слабоионизованной плазме с учётом столкновений ионов с нейтральными атомами и численному моделированию положительного столба разряда постоянного тока с пылевым облаком конечного размера. В работе представлены комплексные экспериментальные исследования плазменно-пылевых структур в плазме индукционного высокочастотного разряда; результаты численного моделирования процесса зарядки макрочастицы в изотропной плазме в широком диапазоне длин свободного пробега ионов; представлена численная двумерная модель положительного столба разряда постоянного тока с нелокальной кинетикой электронов; представлены результаты экспериментального и численного исследования влияния протяженных структур из макрочастиц на структуру газоразрядной плазмы, в частности на интенсивность свечения в отдельных спектральных линиях.

Работа обладает **научной новизной** и является актуальной.

Плазма является наиболее распространённым состоянием вещества во вселенной. Также и с точки зрения практического применения исследования плазмы занимает существенное место в различных научно-технических областях. Твёрдые частицы могут возникать в плазме в процессе конденсации, плазмо-химических реакций, или вводиться в плазму специально. Потоки электронов и ионов приводят к накоплению значительного заряда на макрочастицах, что обуславливает их сильное взаимодействие друг с другом и, в частности, приводит к формированию упорядоченных структур. Рекомбинация электронов и ионов на макрочастицах оказывает существенное влияние на структуру газоразрядной плазмы. Размер, форма, плотность и структура ансамбля макрочастиц определяется полями амбиполярной диффузии и потоками плазмы. Поэтому вопрос о взаимодействии конденсированного вещества с плазмой и газом имеет важное значение для объяснения наблюдаемых в пылевой плазме явлений. Все это определяет **актуальность данной работы.**

**Структура диссертационной работы.** Диссертационная работа А.В. Зобнина состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Текст диссертации составляет 177 страниц, включая 73 рисунка и 8 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 209 наименований.

Во **Введении** даётся обоснование актуальности темы диссертации, формулируется цель, ставятся задачи работы, излагается научная новизна и практическая значимость представляемой работы, формулируются основные положения, выносимые на защиту и приводится список работ автора по теме диссертации.

**Первая глава** посвящена описанию экспериментальной установки для исследования структур из макрочастиц в плазме высокочастотного разряда индукционного типа, методов диагностики и результатов определения параметров структур макрочастиц в газоразрядной плазме. Показано, что даже при использовании калиброванных монодисперсных макрочастиц в засыпке в сформировавшемся облаке присутствуют частицы различных размеров, сепарированные в пространстве, была измерена скорость плазменного травления полимеламинформальдегидных частиц в плазме неона. Приведены результаты определения произведения зарядов макрочастиц двух размеров путем наблюдения за столкновениями частиц разного размера. Описаны результаты наблюдений и анализа самовозбуждающихся волн плотности в структурах макрочастиц. Для интерпретации наблюдаемых явлений использовались данные зондовых измерений параметров фоновой плазмы.

Во **второй главе** представлены результаты численных расчётов зарядов макрочастиц в изотропной слабоионизованной плазме неона при различных давлениях и

