

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Солихова Давлата Куватовичана на диссертацию

### **Сысоева Сергея Сергеевича**

на тему: «Исследование нелокальной плазмы тлеющих разрядов и ее применение для анализа состава газовых смесей методом Плазменной Электронной Спектроскопии (ПЛЭС)», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. - Физика плазмы.

Диссертация С.С. Сысоева посвящена исследованию нелокальной плазмы тлеющих разрядов различной геометрии в широком диапазоне условий создания плазмы по давлению – от низких давлений (торы) до атмосферного давления. Созданная ранее зондовая методика измерения плазменных характеристик, включая функцию распределения электронов по энергиям, позволяет получать большую информацию об электрокинетических характеристиках исследуемой плазме и о её газовом составе. Эти данные чрезвычайно важны для понимания процессов, протекающих в низкотемпературной нелокальной плазме, в том числе с молекулярными примесями. Поэтому цель диссертации – исследование нелокальной плазмы тлеющих разрядов и ее применение для анализа газовых смесей методом плазменной электронной спектроскопии, – является, безусловно, актуальной.

В работе получен целый ряд новых интересных результатов. К ним можно отнести следующие.

1. Проведены исследования параметров нелокальной плазмы отрицательного свечения тлеющего разряда в цилиндрической трубке в гелии с примесью атмосферного воздуха и аргона при низких и средних давлениях с помощью классического цилиндрического зонда и стеночного электрода.
2. Проведена зондовая диагностика параметров плазмы разряда с коаксиальными сетчатыми электродами в вакуумной камере большого объема (диаметром 30 см), инициируемого а) переменным и б) постоянным током в аргоне и гелии.
3. Зарегистрированы энергетические спектры электронов в области отрицательного свечения, как классического тлеющего разряда, так и разряда большого объема с коаксиальными сетчатыми электродами при помощи зонда Ленгмюра, а также пристеночного электрода. По данным спектрам оценен состав примесей в газовой смеси, а также концентрация метастабильных атомов гелия.
4. При помощи кольцевого сенсора исследованы свойства плазмы в микроузоре с полым катодом в потоке гелия при атмосферном



давлении. Показано, что плазма внутри микроразряда с полым катодом является отрицательным свечением с низкой температурой электронов (порядка нескольких десятых долей 1 эВ). Предложенная конструкция является прототипом микроплазменного анализатора примесей в газах и может использоваться как ионизационный Пеннинговский детектор в хроматографии, так и как самостоятельный газовый анализатор.

5. Проведена серия экспериментальных исследований поведения пылевых частиц как со стратифицированным, так и с однородным положительным столбом в газоразрядной трубке в воздухе низкого давления при различных положениях по отношению к нормали. Показана возможность удержания пылевых частиц в нелокальной плазме однородного положительного столба тлеющего разряда с помощью радиального (амбиполярного) поля.

Полученные результаты представляют интерес как с научной, так и с практической точки зрения. Особый интерес представляет предложенная соискателем микроплазменная ячейка, которая может явиться прототипом миниатюрного газового анализатора, работающего при атмосферном давлении. Это особенно ценно, потому что упрощает практическую реализацию данного устройства.

По работе есть замечания и вопросы.

1. Работа легко читается, особенно там, где приводится описание экспериментальных методик и установок. Тем не менее, встречаются места, где описание страдает отсутствием должной строгости, особенно при описании математических выводов.
2. Автор утверждает, что наблюдаемая низкая температура электронов порядка десятых долей эВ свидетельствует о том, что исследуемая область представляет собой отрицательное свечение. Аналогичные условия можно получить, используя электронную пушку, ускоренные электроны которой бомбардируют газ. Но там никто не называет область рассеяния пучка отрицательным свечением. Насколько оправдано использование данной терминологии?
3. Исследование двух микроразрядов МНС1 и МНС2 дает заметно отличающиеся температуры и еще более заметно отличающиеся концентрации электронов (стр. 79 Табл. 3.1). Ячейки отличаются только толщиной электродов и зонда. Это приводит к незначительной разнице в длине разрядов. Чем вызвано такое заметное отличие в параметрах плазмы?

Отмеченные недостатки не снижают ценности полученных результатов и высокого научного уровня проведенных исследований. Результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых научных журналах, доложены на международных и российских научных конференциях.



Достоверность результатов подтверждается использованием современного научного оборудования, хорошей воспроизводимостью результатов измерений и обработкой результатов в соответствии с существующей теорией зондовых измерений и ее уточнений, а также в соответствии с теорией ошибок.

Диссертация Сысоева Сергея Сергеевича тему: «Исследование нелокальной плазмы тлеющих разрядов и ее применение для анализа состава газовых смесей методом Плазменной Электронной Спектроскопии (ПЛЭС)» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Сысоев Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
декан физического факультета

Таджикского национального университета *Солихов Д.К.*

*11.02.2022*

Подпись профессора Солихова Д.К. подтверждаю:

Начальник Управления кадров и спецчасти ТНУ *Тавкиев Э.Ш.*



*11.02.2022*