

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию **Мурильо Хиллер Оскар Габриэля** на тему: «*Формирование функции распределения ионов вблизи поверхности при отрицательном потенциале в газоразрядной плазме*», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 - физика плазмы.

Диссертационная работа Оскара Мурильо посвящена весьма актуальной тематике. В настоящее время развиваются различные плазменные технологии, связанные с воздействием потоков ионов на объекты под нулевым или отрицательным потенциалом, помещенные в плазму, в частности, плазменное травление, распыление, нанесение пленок, ионное легирование и др. Основа их оптимизации - управление различными параметрами ионного потока, и в первую очередь, энергией..

Другой аспект, который обуславливает актуальность выбранной автором тематики - корректное применение различных зондовых методик исследования газоразрядной плазмы при отрицательном потенциале зонда относительно плазмы и многолетняя продолжающаяся дискуссия в научном сообществе о корректном применении известного критерия Бома для описания ионного потока в условиях столкновительного призондового слоя.

Я соглашусь с автором диссертации в том, что одна из основных причин того, что до настоящего времени не было разработано теории, адекватно описывающей структуру пристеночного слоя в широком диапазоне условий. Это связано со сложностью данной задачи. Действительно, строго говоря, необходимо сформулировать и решить систему уравнений из кинетического уравнения Больцмана и уравнения Пуассона для электрического поля в возмущенном слое. При этом необходимо учесть, что

- сечение столкновений иона с атомом зависит от их относительной энергии;
- в пристеночном слое возможна ионизация электронным ударом;
- возможны: произвольная ориентация границы плазмы с нормалью к поверхности, нематематическая функция распределения электронов в плазме, достаточно сложное распределение ионов по скоростям в невозмущенной плазме.

Все вышеперечисленные особенности были последовательно учтены автором диссертации и, таким образом, поставленная задача была решена в полном объеме.

Особо хочется отметить, что автор тщательно подошел к проверке правильности полученных результатов. Были проверены известные частные случаи решенной задачи, проведены многочисленные сравнения с теоретическими результатами других авторов и в случае расхождения с ними даны физически обоснованные объяснения этого. Кроме того, на основании развитой теории автор количественно объяснил экспериментальные результаты других авторов, которые до этого объяснения не имели.

Основной полученный в диссертации результат, на мой взгляд, можно сформулировать следующим образом:

**впервые** разработана кинетическая физическая модель и на ее основе математическая теория, которая практически при произвольных условиях в газоразрядной плазме с ионами одного сорта позволяет рассчитывать функцию распределения ионов в пристеночном слое и структуру этого слоя с учетом всех вышеперечисленных факторов.

По работе можно сделать несколько замечаний:

1. В тексте присутствуют грамматические и орфографические ошибки.

09/2-151 от 04.03.2020



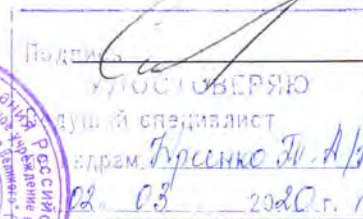
2. На стр. 64 (последний абзац) - стр. 65 (первый абзац) предлагается обратиться к сравнению расчетов с экспериментальными данными работы [41]. Однако, сразу после этого предложения продолжается обсуждение влияния вида ФРЭ на структуру ВПС.
3. Стр. 74. Рис. 2.26 - 2.28. При пояснении сдвига расчетных кривых ФРИ относительно экспериментально определенных выдвинуто предположение о том, что он обусловлен немаксвелловской ФРЭ в условиях экспериментов. Данное утверждение не совсем понятно.
4. К сожалению, в работе не уделено достаточно внимания демонстрации правильности полученных результатов, в частности, не показано совпадение решения с полученным в гидродинамическом приближении в тех условиях, где оно применимо.

Сделанные замечания не ставят под сомнение полученные в диссертации результаты, которые свидетельствуют о высоком уровне проведенных исследований.

Диссертация Мурильо Хиллер Оскар Габриэля на тему: «ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ В ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЕ», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 - физика плазмы, соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Мурильо Хиллер Оскар Габриэль заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 — Физика плазмы. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета  
доктор физико-математических наук,  
профессор, .....

02 марта 2020 г.



А.С.Смирнов