

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Рожанского Владимира Александровича на диссертацию Закарьяевой Мадины Закарьяевны на тему «Пространственно-временная динамика ионизационных процессов в наносекундных разрядах в инертных газах с протяженным полым катодом», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

В диссертации выполнено исследование динамики ионизационных процессов в наносекундных разрядах в инертных газах с протяженным полым катодом. Проведены как подробные эксперименты с различными инертными газами, так и выполнено численное моделирование таких разрядов с помощью различных численных кодов. Актуальность и практическая ценность таких исследований обусловлена использованием плазмы разрядов с полым катодом в технологиях плазменного травления поверхностей в микроэлектронике. Полученные в работе результаты для широкого диапазона параметров разрядов будут использованы для развития соответствующих технологий.

По диссертации имеется ряд замечаний, связанных с численным моделированием. Главное из них - недостаточная обоснованность применения подхода с использованием кинетического уравнения в f_0 , f_1 приближении одновременно с гидродинамическим описанием переноса электронов и ионов. Условие (4.10) на электрическое поле недостаточно-малая анизотропия для функции распределения должна выполняться для всех групп электронов. А даже из расчетов автора видно, что это не так - для электронов с большими энергиями f_1 оказывается порядка f_0 , так что приближение малой анизотропии не работает. Отсутствуют оценки относительной роли Кулоновских столкновений, а только когда функция распределения близка к Максвелловской, можно пользоваться гидродинамическим описанием. Я сильно сомневаюсь, что это справедливо в прикатодной области. С другой стороны, в областях с высокой концентрацией порядка 10^{20} - 10^{21} м⁻³ Кулоновские столкновения могут доминировать, нейтральные частицы могут увлекаться ионами и фронт может распространяться со скоростью ионного звука. Было бы полезно привести соответствующие оценки. По-видимому, в будущем необходимо переходить на использования методов Монте-Карло для моделирования такой сложной системы.

Несмотря на сделанные замечания, считаю что диссертация Закарьяевой Мадины Закарьяевны на тему: «Пространственно-временная динамика ионизационных процессов в наносекундных разрядах в инертных газах с протяженным полым катодом» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Закарьяева Мадина Закарьяевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физ.мат. наук, профессор

Санкт - Петербургского политехнического университета

Петра Великого

Александрович

24.04.2023

33-06-543 от 03.05.2023

Владимир



Владимир Рожанский
специалист
«24» 04 2023 г.