

Исследование фотоплазмы, создаваемой концентрированной солнечной радиацией и/или излучением газоразрядных ламп, и разработка фотоэлектрического преобразователя на ее основе.

Физика низкотемпературной плазмы, оптическая спектроскопия. Кафедра оптики физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

Фотоплазма является новым и малоизученным плазменным объектом, позволяющим получить уникально высокие концентрации электронов при их низкой температуре (доли эВ). Детальные исследования фотоплазмы начались лишь в 1967, в том числе проф. А.Н. Ключаревым на кафедре оптики СПбГУ применительно к фундаментальным исследованиям элементарных процессов хемоионизации. В практическом плане особый интерес представляет получение фотоплазмы от излучения солнца и создания фотоэлектрических конверторов на ее основе, альтернативных существующим полупроводниковым преобразователям.

Применительно к этой важной проблеме, в настоящей работе впервые была проведена 2D симуляция стационарной фотоплазмы в смеси Na и различных инертных газов, учитывающая в рамках единой самосогласованной модели плазмохимические реакции и процессы переноса резонансного излучения и заряда. Была установлена существенная зависимость фото-ЭДС, возникающая в такой плазме вследствие переноса зарядов, от типа и давления инертного газа и скорости фото-возбуждения резонансных уровней Na. Показана высокая эффективность создания фото-ЭДС (до 2.5 В) в двухкамерной газовой ячейке по сравнению с однокамерной при различных значениях давления инертного газа независимо от геометрии второй камеры. Установлено, что ЭДС в такой двухкамерной ячейке возникает уже при коэффициенте концентрации солнечного излучения порядка 50.

Наряду с этими результатами, обнаружено и исследовано новое фундаментальное явление – образование электронных вихревых токов в стационарной двухмерной фотоплазме, интенсивность которых зависит от скорости фото-возбуждения резонансных уровней, вида и давления буферного газа.

Разработанная модель и полученные численные результаты создают фундаментальную основу для изучения стационарной фотоплазмы в различных смесях, содержащих пары щелочного металла и инертного газа, для различной геометрии и размеров газовых ячеек. Эти результаты были применены для моделирования инновационного фотоэлектрического преобразователя, основанного на поглощении концентрированного солнечного излучения. Рекомендуемая для такого преобразователя газовая смесь Na и Ag является экологически чистой и дешевой, в отличие от компонент традиционных полупроводниковых преобразователей.

В 2020 г. результаты настоящей работы были опубликованы в 5 статьях в высокорейтинговых журналах

(printed):

Mandour M.M., Astashkevich S.A., Kudryavtsev A.A. "2D simulation of solar/lamp two-chamber photoelectric converter with different sodium-noble gas mixtures". Plasma Sources Sci. Technol. 2020. Vol. 29, № 11. P. 115005. DOI: 10.1088/1361-6595/abbae6;

M. M. Mandour, S. A. Astashkevich and A. A. Kudryavtsev, "2-D Simulation of Two-Chamber Photoplasma for Conversion of Light Radiation to Electrical Energy," IEEE Trans. Plasma Sci., v.48, no.2, p.394, 2020, doi: 10.1109/TPS.2019.2955067;

M. M. Mandour, S. A. Astashkevich and A. A. Kudryavtsev, "Optimization of Photoelectric Converter Based on a Two-Chamber Na–Ar Gas Photoplasma," IEEE Trans. Plasma Sci., v.48, no.2, p.402, 2020, doi: 10.1109/TPS.2019.2951997;

online:

M. M. Mandour, S. A. Astashkevich and A. A. Kudryavtsev, "On the Validity of Two-Chamber Configuration for the Generation of Electromotive Force in Photoplasma," IEEE Trans. Plasma Sci., v.49, N1, 2021. doi: 10.1109/TPS.2020.3039830;

M. M. Mandour, S. A. Astashkevich and A. A. Kudryavtsev, "Influence of vortex electron currents on transport processes in 2-D photoplasma of sodium - noble gases mixtures," IEEE Trans. Plasma Sci., v.49, N1, 2021. doi: 10.1109/TPS.2020.3041183.