

ФОРМИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ В КАТОДНОЙ ОБЛАСТИ ПЛАЗМЕННОГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ^{*)}

Горбунов Н.А.

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия, gorbunovna@gumrf.ru

В работе продолжено развитие модели плазмы паров натрия в катодной области фотоэлектрического преобразователя, начатое с анализа баланса температуры тяжелых частиц [1]. Было показано, что максимальный градиент температуры тяжелых частиц реализуется на некотором расстоянии в глубине плазмы. Это обуславливает малую величину теплового потока, уносимого на стенку катода нейтральной компонентой, что обеспечивает высокую эффективность прямого фотоэлектрического преобразования. Необходимо исследование пространственного распределения температуры электронов в рамках двух температурной модели плазмы для анализа возможности формирования внутреннего пограничного слоя.

В данной работе рассматривается баланс температуры электронов для трех компонентной плазмы в области частичного локального термодинамического равновесия (ЧЛТР) при заданном распределении температуры тяжелых частиц. Заселенность возбужденных состояний атомов натрия полагается в равновесии с континуумом с соответствующими значениями температуры и концентрации электронов. В уравнении баланса заряженных частиц учитывается, ступенчатая ионизация, трех частичная рекомбинация и ассоциативная ионизация с участием двух резонансно возбужденных атомов натрия Na(3P).

Оценка температуры электронов $T_{eC} \approx 2800$ К на границе ионизационного слоя и ЧЛТР плазмы проведена с использованием условия равенства относительной заселенности Na(3P) вблизи стенки катода и в глубине плазмы в области локального термодинамического равновесия. При указанном значении температуры электронов скорость ассоциативной ионизации превосходит скорость ступенчатой ионизации.

Для формирования устойчивого внутреннего пограничного слоя в плазме необходимо чтобы градиент температуры электронов принимал максимальное значение в той же области, где достигает максимума производная от пространственного распределения тяжелых частиц. Соответственно, вторая производная от пространственного распределения температуры электронов должна принимать положительное значение вблизи стенки катода. При анализе уравнения теплопроводности для электронов этот обеспечивается двумя условиями:

- процессы охлаждения электронов при упругих столкновениях с атомами и ионами натрия должны быть преобладающими в уравнении баланса энергии электронов;
- уменьшением коэффициента теплопроводности электронного газа $\chi_e(T_e)$ с ростом температуры электронов $\partial\chi_e/\partial T_e < 0$ при $T_e \approx T_{eC}$. Немонотонное поведение коэффициента теплопроводности электронов обусловлено тем, что радиационный перенос энергии подавлен в силу большой оптической плотности паров натрия вблизи стенки катода. Коэффициент электронной теплопроводности, связанный с переносом их кинетической энергии, может уменьшаться с ростом температуры электронов. Это реализуется в случае преобладания ассоциативной ионизации в балансе заряженных частиц, когда рост температуры электронов ведет к уменьшению заселенности Na(3P) и соответственному уменьшению скорости ионизации.

Литература

- [1]. Горбунов Н.А., Труды L Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, Москва, 2023, стр. 216.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)