

УДК 621.362

К вопросу о влиянии температуры эмиттера на теплоэлектрические характеристики термоэмиссионного диода

Завражин Владимир Александрович^(*)

zavrazhinva@student.bmstu.ru

Онуфриев Валерий Валентинович

onufryev@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В настоящее время прямое преобразование тепловой энергии в электрическую является наиболее перспективным. В данной работе представлены результаты электротеплофизического расчета термоэмиссионного диода при давлении паров цезия 2,5 Торр и значении межэлектродного зазора 0,4 мм. Рассмотрены теплоэлектрические характеристики термоэмиссионного диода в диапазоне температур эмиттера 1600...2100 К, при температуре коллектора 900 К. Определены оптимальные режимы работы диода с точки зрения получения максимальной электрической мощности.

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, плазма, термоэмиссионный диод, преобразование энергии, тепловая модель

Введение. На сегодняшний день прямое преобразование тепловой энергии в электрическую является наиболее перспективным. Термоэмиссионный диод обладает рядом уникальных преимуществ по сравнению с другими способами прямого преобразования энергии.

В данной работе представлена теплоэлектрическая модель, позволяющая получить основные тепло- и электрофизические характеристики диода. Результаты расчета выполнены для температур эмиттера 1600...2100 К, что позволяет оценить оптимальные температуры электродов для наиболее эффективной работы диода.

Материалы и методы; результаты. В работе использовались характерные геометрические параметры термоэмиссионного диода [1]. Диаметр эмиттера составлял $d_E = 10$ мм, толщина эмиттера $\delta_E = 1$ мм, межэлектродный зазор $d = 0,4$ мм, толщина коллектора $\delta_C = 1$ мм. Эмиттер выполнен из монокристаллического вольфрама, коллектор из сплава на основе ниобия ВН-2. Тепло- и электрофизические свойства (коэффициенты теплопроводности, удельные электрические сопротивления и степени черноты) материалов были взяты в соответствии со справочными данным [2].

Выполнение расчета включало в себя несколько этапов. На первом этапе, в качестве первого приближения, задается постоянное значение плотности тока в МЭЗ и межэлектродное напряжение. Следующим этапом является тепловой расчет в программном комплексе Comsol Multiphysics. В программном комплексе были выбраны следующие модули: Surface-to-Surface Radiation для моделирования процессов лучистового теплообмена между нагревателем

и эмиттером, и между эмиттером и коллектором, Heat Transfer in Solids для моделирования процессов теплопроводности элементов диода, Electric Currents для моделирования процессов джоулево тепловыделения в нагревателе, эмиттере и коллекторе. Отвод тепла от коллектора осуществляется через теплоноситель. В программном комплексе для отвода тепла от коллектора задается граничное условие третьего рода с варьируемым коэффициентом теплопередачи, для обеспечения требуемой температуры коллектора. После теплового расчета в Comsol Multiphysics, расчетные значения температурного поля эмиттера используются для определения локальной ВАХ по методике SET [3]. Следующим этапом является решение дифференциального уравнения распределения межэлектродного напряжения по длине диода. Таким образом, в первой итерации расчета получают распределения температуры эмиттера $T_E(z)$, распределение плотности тока в МЭЗ $j(z)$ и распределение межэлектродного напряжения $u(z)$. Данный алгоритм повторяется до тех пор, пока разница между соседними итерациями по температуре эмиттера не станет меньше заданного значения.

Заключение. По результатам расчетов получены теплоэлектрические характеристики (температура, межэлектродное напряжение и плотность тока) и их распределение по длине диода для температур эмиттера 1600...2100 К. Оптимальный режим работы диода характерен для температуры эмиттера 2000 К.

Список источников

- [1] Синявский В.В. Научно-технический задел по ядерному электроракетному межорбитальному буксиру «Геркулес». *Космическая техника и технологии*, 2013, № 3 (34), с. 25–45.
- [2] Рябиков С.В., ред. *Технология термоэмиссионных преобразователей. Справочник*. Москва, Атомиздат, 1974, 232 с.
- [3] Ярыгин В.И., Ружников В.А., Синявский В.В. *Космические и наземные ядерные энергетические установки прямого преобразования энергии*. Москва, НИЯУ МИФИ, 2014, 392 с.