

30. РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССОПЕРЕНОСА НА РАБОТУ ВЫХОДА И СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ КОЛЛЕКТОРА ТЕРМОЭМИССИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ТОПЛИВОМ В ВИДЕ ДИОКСИДА УРАНА

RU0110279



М.Б. Ловчиков, В.А. Ружников

ГНЦ РФ-ФЭИ, г. Обнинск

Д.Ю. Любимов

ГосНИИ НПО "Луч", г. Подольск

Известно, что ресурс работы термоэмиссионного преобразователя в большой степени зависит от процессов переноса вещества эмиттера через межэлектродный зазор (МЭЗ) и взаимодействия коллектора с кислородом, содержащимся в МЭЗ. В результате большого числа экспериментальных исследований было показано, что конденсат, образующийся вследствие массопереноса на коллекторе термоэмиссионного преобразователя с эмиттером из газофазного вольфрама, состоит из вольфрама, кислорода и цезия. При этом цезий сосредоточен в поверхностном слое конденсата.

Учитывая чрезвычайно низкую растворимость кислорода в вольфраме при коллекторных температурах, следует предположить образование в пленках конденсата на коллекторе окислов вольфрама. Кроме того, кислород из МЭЗ, диффундируя сквозь окислы вольфрама, способен растворяться в ниобиевом коллекторе и окислять его.

Все эти процессы приводят к появлению на коллекторе окисных пленок, существенно изменяющих электрические и оптические свойства поверхности коллектора, что негативно сказывается на работе термоэмиссионного преобразователя. В частности, наличие пленки окислов размером в несколько мкм может существенно повысить степень черноты коллектора, что приведет к ухудшению к.п.д. термоэмиссионного преобразователя.

В ряде экспериментальных работ показано, что работа выхода эмиттера электрогенерирующего канала (ЭГК) в реакторных условиях может существенно изменяться вследствие выхода в МЭЗ ЭГК кислорода, образующегося при делении двуокиси урана.

В настоящей работе представлена расчетно-теоретическая модель, позволяющая рассчитать парциальный уровень кислорода в МЭЗ ЭГК за счет выхода его из топливной композиции, скорость

окисления коллектора, соответствующую этому давлению кислорода в МЭЗ и изменение степени черноты коллектора и его работы выхода в зависимости от толщины оксидных пленок на его поверхности.

На основе методов статистической термодинамики и расчета градиентов химического потенциала определялись скорости окисления ниобиевого коллектора и диффузии кислорода через оксиды ниобия, урана и вольфрама.

Расчет массопереноса через МЭЗ ЭГК основывался на модели высокотемпературного образования летучих окислов вольфрама и модели их транспорта к коллектору через МЭЗ.

Расчет изменения работы выхода и оптических свойств коллектора с учетом образования окисных пленок проводился на основе теории электрон-фотонного взаимодействия в кристаллических телах.

Созданная расчетная модель позволяет прогнозировать изменение степени черноты и работы выхода коллектора на начальной стадии работы ЭГК (до 2000 часов) в зависимости от степени выгорания реакторного топлива – двуокиси урана, его стехиометрии, температуры топливного сердечника, эмиттера и других параметров. Расчеты показывают, что за счет выделения кислорода из двуокиси урана в процессе работы ЭГК в течение 2000 часов возможно увеличение давления кислорода в МЭЗ до p ($10^{-5} - 10^{-4}$) торр и образование окисных пленок толщиной в несколько мкм, что может приводить к возрастанию степени черноты коллектора до $\epsilon = 0.4$ и увеличению эффективной работы выхода коллектора в парах цезия до $\Delta\varphi = 0.3$ eV при температуре коллектора T ($500 - 700$)°C и плотности тока J ($1 - 4$) а/см², T_c/T_R ($1,7 - 1,8$), за счет изменения зарядового состояния поверхностей оксид-цезий и оксид WO_2 – оксид Nb_2O_5 . В числе других факторов на изменение эффективной работы выхода коллектора будет влиять соотношение в окисле заряда инжектированных электронов и заряда собственных носителей. Это соотношение будет различно при различных температурах коллектора. Используя уравнения, связывающие ток в МЭЗ с падением напряжения в МЭЗ для диффузионного недокомпенсированного режима работы ТЭП, показано, что ВАХ ТЭП в диффузионном режиме будут отличаться сильнее при более высоких температурах коллектора в диапазоне изменения температур коллектора от 500°C до 700°C.

Сложность представляет расчет влияния на изменение работы выхода адсорбции кислорода и цезия на поверхности оксидов. В силу полуэмпирического характера и большой сложности современных теорий химической адсорбции предполагается дальнейшее уточнение модели за счет последних экспериментальных данных в этой области.