НАНОТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕРМОЭМИССИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

\*В.И. Ярыгин, А.С. Мустафаев, П.А. Петров

\*ФГУП «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-  
 энергетический институт им. А.И. Лейпунского», Обнинск, Россия, [ecs@ippe.ru](mailto:ecs@ippe.ru)  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург,  
 Россия, [alexmustafaev@yandex.ru](mailto:alexmustafaev@yandex.ru), [petroff100289@mail.ru](mailto:petroff100289@mail.ru)

В последние годы повышенное внимание уделяется изучению нового материала в нанотехнологиях – графена. Интерес к этому материалу вызван, прежде всего, широким кругом его практических приложений, среди которых важное место занимает плазменная энергетика.

Фундаментальные исследования в области плазменной энергетики открыли новую возможность достижения высокой эффективности термоэмиссионных преобразователей тепловой энергии в электрическую (ТЭП), в которых роль плазмообразующей среды выполняют пары цезия.

В работе представлены результаты исследований элементного состава, структуры и химического состояния атомов на поверхности и в приповерхностной области электродов ТЭП в условиях цезиевого наполнения и их влияния на появление и существование таких энергетических характеристик, которые не укладываются в рамки традиционного представления о работе термоэмиссионного преобразователя.

petrov.tifПоверхность образцов ниобиевого коллектора ТЭП исследовалась в вакууме методом электронной оже-спектроскопии, а также на аналитической установке JSM-6700F японской фирмы JEOL. По данным оже-спектроскопии в приповерхностном слое образцов преобладают углерод (40-60 %), цезий (20-30 %) и кислород (10-20 %).

Рис. 1. Наноструктуры углерода на поверхности образца коллектора и (сверху) и монокристалла молибдена (внизу)

На JSM-6700F получено изображение наноструктур углерода в приповерхностном слое образца коллектора (рис. 1, сверху). Здесь же, для сравнения приведено изображение участка поверхности монокристалла молибдена с наноструктурами углерода подобной морфологии, полученными на атомно-силовом микроскопе (рис. 1, внизу) [1].

На основании проведенных исследований сделано предположение о формировании на электродах лабораторного ТЭП графеновой пленки, интеркалированной атомами цезия. Слабая связь краевых атомов графеновой пленки с поверхностью подложки позволяет атомам цезия легко проникать в пространство между пленкой и металлом, образуя двухслойный цезиево-графеновый «пирог» на ниобиевой подложке.

В лабораторных прототипах ТЭП с цезиевым наполнением и наноструктурами углерода на электродах достигнуто уникальное сочетание низкого значения ТЕ с высоким к.п.д.: снижение барьерного индекса вплоть до Vв=1.6 эВ, эмиссионной работы выхода коллектора до Фс=1.0 эВ при к.п.д. ~25%, температуре эмиттера ТЕ ~1600 К и температуре коллектора ТС ~700 К.

Обнаруженная возможность повышения энергетических параметров ТЭП является, несомненно, перспективным направлением, и требует дальнейших исследований.

Литература

1. Галль Н.Р., Рутьков Е.В., Тонтегоде А.Я. и др. Взаимодействие молекул C60 с поверхностью 100(Mo) // ЖТФ. 1999. Т.69. №11. С. 117-122.