

**НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ
В ПЛАЗМЕ АЗОТА
ELECTRODE NANOSTRUCTURING
IN NITROGEN PLASMA**

Е.Н. Моос^{1,2}, И.А. Зельцер²

¹Кафедра общей и теоретической физики, Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, ул. Свободы 46, г. Рязань, Россия, e_moos@mail.ru

²ООО «Эктон», Инновационный центр «Сколково», ул. Луговая, д. 4, строение 1, этаж 1, пом. 5, г. Москва, Россия

The high-voltage and high-frequency pulsed discharges in a nitrogen atmosphere influence on Fe-Ni contact surface reed switches are considered. It is shown that prolonged exposure to plasma leads to an increase in the thickness of nitride layers to several hundred nanometers, the formation of surface pores, protrusions and cones.

Известны проблемы, связанные с взаимодействием плазменных потоков с поверхностью, к которым можно отнести процессы разрушения оболочек (абляция) в авиакосмической отрасли, оболочек атомных реакторов, технологических процессов формирования пленочных систем и покрытий, в частности, в микро- и нанoeлектронике. К этому примыкают вопросы наноструктурирования

сплавных гетеросистем в пульсирующей плазме азота и возможность их применения как функциональных покрытий в магнитоуправляемых герметизированных контактах (герконах) взамен драгоценных металлов. Отметим недостаточную полноту рассмотрения такого рода процессов и механизмов формирования таких структур и их деградация. Причины этого состоят в неравновесности временных и пространственных масштабах: промежутки времени порядка микро- и наносекунд, микро- и наноразмерностью вовлеченных атомных подсистем.

Целью данной работы явилось экспериментальное обоснование эктонных механизмов формирования наноструктурированных гетеросистем контактных покрытий в пульсирующей плазме азота, а также изучение механизмов эрозии (образования системы лунок и выступов на контактных поверхностях).

Комбинацией методов РЭМ, АСМ, РСМА, ЭОС исследовалось влияния плазмы на Fe - Ni сплавные контакты, массоперенос и наномасштабное перераспределения элементов в них.

В результате с помощью Оже-профилирования обнаружено, в частности, чередование формирующихся фаз наноструктурного поверхностных атомных слоев меняющейся по глубине стехиометрией соединений в контактных 50 – 80 нм нановыступах: Fe_3N (30 нм) и Fe_4N (40 нм).

На рисунке 1 представлены участки азотированной поверхности (выступы и конусы рельефа). Длительное воздействие плазмы ведет к росту толщин нитридных слоев до нескольких сотен нанометров и образованию поверхностных углублений с регулярно расположенными на дне конусами (см. рис. 2).

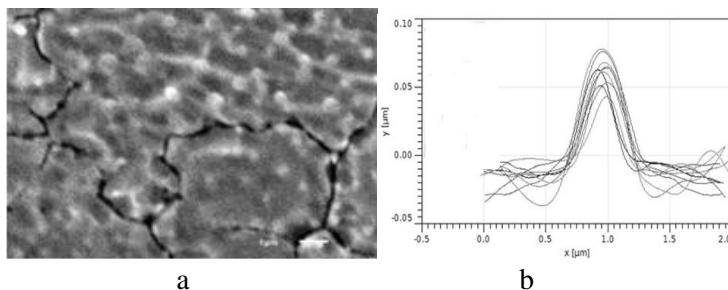


Рис. 1. Морфология и профили поверхности: а - РЭМ-изображение участка азотированной контактной поверхности; б - АСМ-профили 10 выступов рельефа поверхности. 20 кратное воздействие плазмы (длительность одной обработки 30 с, пауза 10 с).

Возможной причиной их образования являются процесс ускоренного, по сравнению с дном, ионного распыления боковых стенок поверхностных углублений.

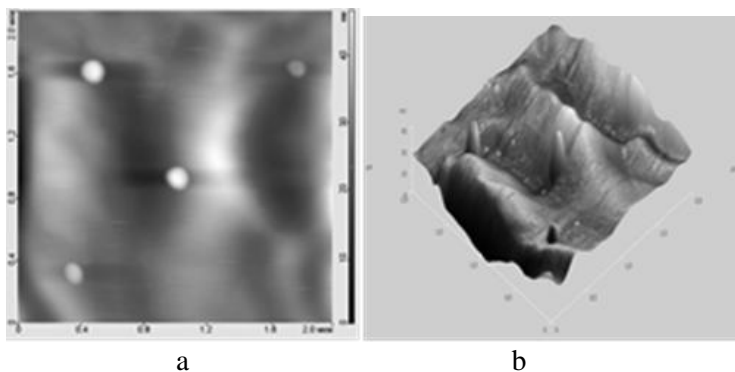


Рис. 2. АСМ – изображение участка азотированной контактной поверхности пружины геркона после 100 кратного ионно-плазменного воздействия (продолжительность 30 с, пауза между обработками 10 с): а - 2D, б - 3D.

Наноструктурирование поверхности (нанорельеф проводящих выступов) сплавных гетеросистем приводит к повышению надежности контактов на их основе с точки зрения эрозионной и механической устойчивости при коммутации тока. Происходящие при этом явления массопереноса, образование кратеров и выступов удастся объяснить в рамках эктонной модели эрозии.