

(где капля не касалась подложки). Во всех четырех зонах поверхность подложки визуально не отличается, однако при отборе спектров было замечено, что: 1) состав спектров в первых трех зонах (падения, передвижения и финальной выдержки) практически не отличается; 2) в краевой зоне наблюдается переход карбида титана в карбонитрид титана; 3) в результате контакта расплавленного металла и подложки в присутствии окислительной атмосферы происходит трансформация карбида титана в окси карбонитрид титана. Исследование "подшвы" капли металла показало, что в процессе взаимодействия происходит адсорбция углерода и титана металлом. На микроструктурах также явно различимы отдельные дисперсные фазы, размером 0,5-1,5 мкм. Спектральный анализ показал, что это дисперсный карбид вольфрама, образовавшийся в результате реакции вольфрама с дополнительным углеродом, адсорбированным из карбида титана.

*Работа выполнена в рамках реализации гранта Президента РФ по договору №14.У30.18.2874-МК.*

1. Sobczak N., Singh M., Asthana R. High-temperature wettability measurements in ceramic-metal systems – some methodological issues. *Current Opinion in Solid State & Materials Science* (2005).
2. Аникеев А.Н., Чуманов И.В. Исследование смачиваемости карбида титана металлическим расплавом. Ч. I и Ч. II. *Электротехнология* (2014).
3. Комшуков, В. П. Модифицирование непрерывнолитой стали нанопорошками тугоплавких соединений. *Современная электротехнология* (2004).
4. Чуманов И.В., Чуманов В.И., Аникеев А.Н. Упрочнение металлических материалов дисперсными тугоплавкими частицами. *Проблемы черной металлургии и материаловедения* (2010).

## **НАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ НАНОСТРУКТУР**

Козловский А.Л.<sup>\*</sup>, Кадыржанов Д.Б.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

\*E-mail: [artem88sddt@mail.ru](mailto:artem88sddt@mail.ru)

## **DIRECTED MODIFICATION OF NANOSTRUCTURES**

Kozlovskiy A.L.<sup>\*</sup>, Kadyrzhanov D.B.

Eurasian national university, Astana, Kazakhstan

The use of ionizing radiation is an effective tool for stimulating a controlled modification of structural and conductive properties of nanomaterials. The paper presents the results of studies of the influence of irradiation with Ar<sup>+8</sup> ions with an energy of 1.75 MeV/nucleon with a fluence from  $1 \times 10^9$  to  $5 \times 10^{11}$  ion/cm<sup>2</sup> on structural and conductive properties of Zn nanotubes. Using SEM, X-ray diffraction and EDA methods it was established that irradiation

tion with  $\text{Ar}^{+8}$  ions makes it possible to modify the crystal structure of nanotubes, increasing their conductivity and decreasing the resistance of nanostructures, without destroying the structure.

Среди огромного разнообразия металлических наноматериалов, наноразмерные структуры Zn и его оксида ZnO занимают особое положение: они обладают как полупроводниковыми, так и пьезоэлектрическими свойствами, что может служить основой для электромеханически связанных датчиков и преобразователей, они также относительно биологически безопасны, обладают низкой токсичностью и биосовместимостью. Одной из важных особенностей применения наноструктур является их устойчивость к внешним воздействиям, таким как ионизирующее излучение, электронное облучение. Важным аспектом исследований является изучение взаимодействия ионизирующего излучения с наноразмерными объектами, что позволяет не только определить лимитирующие факторы использования наноструктур в условиях экстремальных воздействий, но и придать наноматериалам новые свойства. Ионное облучение является привлекательным методом, который дает возможности не только определять границы применимости наноструктур в экстремальных условиях, но и технологическим процессом, позволяющим в перспективе получать наноматериалы обладающие новыми свойствами.

В работе представлены результаты исследований влияния облучения ионами  $\text{Ar}^{+8}$  с энергией 1.75 МэВ/нукл с флюенсом от  $1 \times 10^9$  до  $5 \times 10^{11}$  ион/см<sup>2</sup> на структурные и проводящие свойства Zn нанотрубок.

Показано, что при увеличении флюенса облучения наблюдается незначительное увеличение параметров элементарной ячейки, что может быть обусловлено увеличением вклада тепловых колебаний. Анализ изменения плотности дислокаций и напряжений в облученных наноструктурах свидетельствует о том, что в результате облучения наблюдается снижение деформации в структуре и последующей релаксации внутренних напряжений. Однако при увеличении флюенса облучения выше  $1 \times 10^{11}$  ион/см<sup>2</sup> наблюдается возрастание напряжений, что может быть обусловлено формированием каскадных дефектов в структуре за счет резкого увеличения температурного вклада в изменение кристаллической решетки и переориентации текстурных плоскостей. При этом модификация кристаллической структуры ионами  $\text{Ar}^{8+}$  приводит к изменению проводящих свойств, что обусловлено изменением кристаллической структуры за счет изменения концентрации дефектов и переориентации текстурных плоскостей.

Таким образом, изменение кристаллической структуры а также увеличение проводящих свойств нанотрубок подтверждает возможность применения ионизирующего излучения для контролируемой и направленной модификации Zn нанотрубок.