

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ГРАНИЦАХ СЛОЕВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОПЕРИОДНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ $TiN_x/ZrN_x$**

**Мейлехов А.А., Соболев О.В., Сагайдашников Ю.Е.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Структурная инженерия композиционных вакуумно-дуговых покрытий хотя и является относительно молодым направлением инженерии поверхности, однако для ряда систем позволила получить материалы с очень высокими функциональными характеристиками. При этом состояние границы между слоями является определяющим фактором многих эксплуатационных характеристик.

Целью работы является изучение влияния перемешивания на границах слоев в многослойных нанопериодных покрытиях на основе  $TiN_x$  и  $ZrN_x$  используя комплекс методов аттестации структурного состояния в сочетании с компьютерным моделированием.

Многослойные двухфазные наноструктурные покрытия  $TiN_x/ZrN_x$  осаждались в вакуумно-дуговой установке «Булат-6». В качестве материалов катодов использованы: титан ВТ 1-0; малолегированный цирконий; активный газ – азот (99,95 %). Ток дуги в процессе осаждения составлял 100 А, постоянный отрицательный потенциал  $U_b = -70...-110В$ , давление азота ( $P_N$ ) в камере варьировалось в интервале  $10^{-5}...5 \cdot 10^{-3}$  Торр, температура подложки ( $T_s$ ) была в интервале  $250...350^{\circ}C$ .

Покрытия исследовались методами рентгеновской дифрактометрии, растровой электронной микроскопии, микроиндентированием и компьютерным моделированием в программе TRIM.

Выявлено формирование двух фаз ( $TiN$  и  $ZrN$ ) с одним типом кристаллической решетки (структурный тип NaCl) в слоях многопериодных композиций  $TiN_x/ZrN_x$  с величиной периода  $\Lambda = 20...300$  нм.

При  $\Lambda = 10$  нм рентгенографически проявляется образование твердого раствора  $(Zr,Ti)N$ , а также малого объема  $TiN$  фазы. Наличие  $TiN$  составляющей обусловлено большей исходной величиной слоя на основе нитрида титана.

Использование метода моделирования радиационно-стимулированных повреждений материала при облучении ионами позволило определить критическую толщину перемешивания в бислойной системе  $TiN_x/ZrN_x$ . Эта толщина при действии  $U_b = -110 В$  составляет около 7 нм.

Установлено, что критическая толщина радиационно-стимулированного дефектообразования оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние и твердость в покрытиях с малым  $\Lambda \approx 10$  нм. При этом происходит релаксация напряженно-деформированного состояния сжатия и уменьшается твердость. Однако образование твердого раствора при сохранении части непрореагировавшего слоя нитрида титана при  $\Lambda = 10$  нм позволяет достичь сверхвысокую (44,3 ГПа) твердость покрытия.