

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 $U_b = -70...-110$ В, давление азота (P_N) в камере варьировалось в интервале $10^{-5}...5 \cdot 10^{-3}$ Торр, температура подложки (T_s) была в интервале $250...350^\circ\text{C}$.

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.