

ВЛИЯНИЕ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТОНКИХ МНОГОУРОВНЕВЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ

Дарья НОВИКОВА^{1*}, Елена НАСАКИНА², Михаил КАПЛАН²,
Сергей КОНУШКИН², Константин СЕРГИЕНКО², Мария СУДАРЧИКОВА²,
Алексей КОЛМАКОВ², Михаил СЕВОСТЬЯНОВ²

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, Машиностроительные технологии, Материаловедение, Москва, Россия

²Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Москва, Россия

*Автор корреспонденции: Дарья Новикова, mariahsudar@yandex.ru

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследований закономерности формирования мультислоев титана и тантала при использовании магнетронного распыления и ионной бомбардировки в зависимости от варьируемых технологических параметров, а также определение характеристик полученных материалов.

Ключевые слова: ионная бомбардировка, композиционные материалы, магнетронное напыление, тантал, титан.

Введение

В данной работе исследовались характеристики мультислоев титана и тантала, которые все активнее используются в машиностроении, ядерной и авиакосмической промышленности благодаря своим эксплуатационным свойствам, получаемых с помощью магнетронного напыления и ионной бомбардировки. Свойства таких композитов, их многообразие и многофункциональность напрямую связаны с параметрами процесса, которые могут варьироваться в достаточно широком диапазоне. В случае многокомпонентной системы распыления вариативность получаемых результатов возрастает во много раз.

В [1-3] было указано, что (110) является наиболее низкоэнергетической решеткой для ОЦК материалов (α -Ta) и провоцирует формирование на себе такой же структуры. Являясь зоной зарождения новой поверхности, поверхность подложки задает характер формирования ее структуры. Было показано, что на аморфных углеродсодержащих или оксидных поверхностях (естественное состояние титана и кремния в кислородной атмосфере или стекла) формируется бета тантал, а, например, на титане без естественного оксида или TaN формируется альфа [4-5].

Экспериментальная часть

В качестве основы (подложки) формируемых композиционных материалов использовали очищенные стеклянные пластины. Для очистки, активации и полировки поверхности подложки и промежуточной композиции проводилась бомбардировка ионами аргона с параметрами разряда $U_e = 900-1200$ В, $I_e = 70-150$ мА – предварительное ионное травление. С целью определения влияния подлежащей поверхности на структуру формируемого слоя было проведено предварительное ионное травление с увеличением времени и мощности облучения. В качестве материала поверхностного слоя использовали химически чистый титан и тантал. Поверхностные слои тантала формировали на ранее осажденном слое титана, полученном в тех же условиях на стеклянной пластинчатой подложке. Создание металлических композиционных материалов проводилось путем формирования поверхностных слоев с помощью магнетрона на постоянном токе (~ 865 мА) при напряжении ~ 400 В в газовой среде аргона при рабочем и остаточном давлении $\sim 0,4$ и 4×10^{-4} Па, соответственно, в течение времени распыления 30 мин при дистанции напыления 250 мм.

Морфологию и послойный элементный состав исследовали на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) TESCAN VEGA II SBU, электронном Оже-спектрометре JAMP-9500F фирмы JEOL. Регистрация рентгенодифракционных спектров образцов покрытий проведена на рентгеновском дифрактометре “UltimaIV” фирмы “Rigaku” с вертикальным гониометром и высокоскоростным полупроводниковым детектором “D/teX” в $\text{CuK}\alpha$ - излучении по методу Брегга - Брентано, а также методом косой съемки с фиксированным углом поворота рентгеновской трубки. Фазовый анализ образцов покрытий выполнен в программном комплексе PDXL с использованием базы данных ICDD.

Результаты и обсуждения

Были получены композиционные материалы «оксидный слой (около 10 нм толщиной) – поверхностный слой из осаждаемого вещества 1 (обычно тантал) – переходный слой, содержащий оба осаждаемых элемента – подслой из осаждаемого вещества 2 (обычно титан) – переходный слой, содержащий элементы и подслоя, и основы – основа». Независимо от режима облучения стеклянной пластины титан осаждался в виде бета фазы. При осаждении тантала на титан наблюдали увеличение возрастания степени кристалличности плёнки при повышении дозы/времени ионного травления титанового подслоя.

Выводы

Морфология поверхности при малых дозах облучения в ходе предварительного ионного травления соответствует морфологии поверхности подложки. При большой длительности/энергии ионной бомбардировки наблюдается тонкая поверхностная структура в виде точечных углублений, сглаживаемая осаждаемым сверху слоем, а также увеличивается протяженность слоя и его кристалличность.

Благодарности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-08-00642 А.

Ссылки на литературу

1. TOOZANDEHJANI, M., KAMARUDIN, N., DASHTIZADEH, Z., LIM, E.Y., GOMES, A., GOMES, C. Conventional and advanced composites in aerospace industry: Technologies revisited. In: *Journal of Aerospace Engineering*, 2018, 5, pp. 9–15.
2. NAVID, A.A., HODGE, A.M. Nanostructured alpha and beta tantalum formation— Relationship between plasma parameters and microstructure. In: *Materials Science and Engineering A*, 2012, 536, pp. 49– 56.
3. NAVID, A.A., HODGE, A.M. Controllable residual stresses in sputtered nanostructured alpha-tantalum. In: *Scripta Materialia*, 2010, 63, pp. 867–870.
4. BERNOULLI, D., MÜLLER, U., SCHWARZENBERGER, M., HAUERT, R., SPOLENAK, R. Magnetron sputter deposited tantalum and tantalum nitride thin films: An analysis of phase, hardness and composition. In: *Thin Solid Films*, 2013, 548, pp. 157–161.
5. ZHOU, Y.M., XIE, Z., MA, Y.Z., XIA, F.J., FENG, S.L. Growth and characterization of Ta/Ti bi-layer films on glass and Si (1 1 1) substrates by direct current magnetron sputtering. In: *Applied Surface Science*, 2012, 258, pp. 7314– 7321.