

УДК 621.9

И. Ш. Абдуллин, М. М. Миронов, И. И. Васильев

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ НИТРИДНОГО ПОКРЫТИЯ
ИЗ ПЛАЗМЫ ДУГОВОГО РАЗРЯДА АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИЕЙ

Ключевые слова: конденсация методом КИБ, TiN, АСМ.

Приведены экспериментальные результаты исследований начальных стадий роста покрытия TiN. Покрытие получали методом конденсации из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки. Показано, что для рассмотренных условий конденсации рост покрытия происходит в соответствии с механизмом Фольмера – Вебера. На начальных стадиях роста покрытия (до 55 секунд) скорость составило 0,08 нм/с а размеры островков достигли до 40-50 нм с высотой 3-4 нм.

Keywords: condensation by PVD, TiN, AFM.

The shown the experimental results of research into the initial stages of coating TiN growth. Growth of the coating takes place in accordance with the mechanism of the Volmer-Weber. Coating obtained by condensation of the plasma phase in ion bombardment. In the initial stages of coating growth (up to 55 seconds), the rate was 0.08 nm / s and the size of the islands reached the up to 40-50nm and height to 3-4 nm.

Рабочие металлические элементы с модифицированными поверхностями широко используются в самых различных и перспективных областях техники, включая металлообработку, производству медицинских изделий, инструментальные и ремонтные производства. Использование защитных сверхтвердых покрытий особенно актуально в производствах, где применяется металлические элементы из нетеплостойких материалов [1]. Однако получение сверхтвердых соединений из тугоплавких металлов на поверхностях таких материалов имеет свои недостатки, например, покрытия получают с низкой адгезией, и низкими защитными свойствами и т.д. Для решения таких проблем необходимо изучать зарождение покрытия в ранней стадии роста.

Структура пленки, возникающая в процессе формирования системы, в значительной мере определяет многие эксплуатационные свойства. Диапазон структурных изменений может колебаться от атомного до микроуровня, что требует применения методов исследований с широким диапазоном измерения от 10 нм до 500 нм и выше.

Синтез проводился в установке ННВ6.6 снабженной тремя вакуумными дуговыми испарителями по ранее определенным режимам.[2] Исследования поверхности методом атомно-силовой микроскопией осуществляли на сканирующем зондовом микроскопе Ntegra фирмы NT MDT.

Известно, что в установках с электродуговыми испарителями пространственное расположение подложки в вакуумной камере влияет на скорость осаждения покрытия. [3] В связи с этим подложки были размещены по высоте на уровне катода и 50 мм от оси приспособления. Для исследования формирования покрытия на начальных стадиях роста в вакуумной камере использовали специальные экраны для отсеивания

капельной фазы и для равномерного формирования покрытия по площади. При таком осаждении скорость роста покрытия составила 0,08 нм/с.

После нанесения покрытия в течении 55 секунд исследовали поверхность подложки. На рисунке 1 показаны поверхности покрытия.

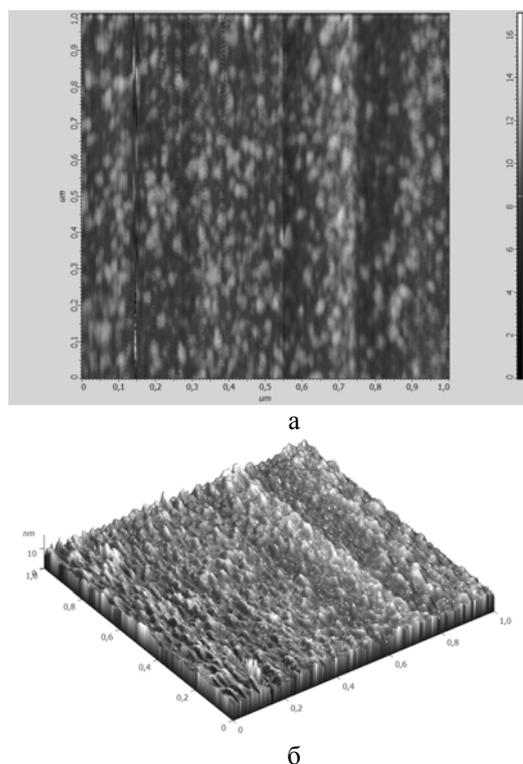


Рис. 1 – Двухмерное (а) и трехмерное (б) АСМ-изображение поверхности покрытия

Как видно из рисунка 1 при конденсации из плазмы дугового разряда происходит образование не сплошной пленки. Покрытие формируется по островковой модели Фольмера-Вебера [4]. Согласно

этой модели сплошное покрытие образуется в нескольких этапов: образование адсорбированных атомов и их миграция по поверхности; образование и рост зародышей, зародыши растут в трех измерениях, но рост в направлениях, параллельных подложке, происходит быстрее, чем по нормали к ней, это, по-видимому, объясняется тем, что рост происходит, в основном, за счет поверхностной диффузии (миграции) адатомов по подложке, а не за счет прямого соударения с атомами в паровой фазе; срастание зародышей и образование кластеров (островков); рост островков и их слияние; образование сплошной пленки.[4, 5].

Из рис. 1 видно, что при конденсации в течении 55 секунд образуется островки с размерами от 30 до 50 нм.

Сканирование поверхности позволило достоверно определить толщину островков (рис. 2).

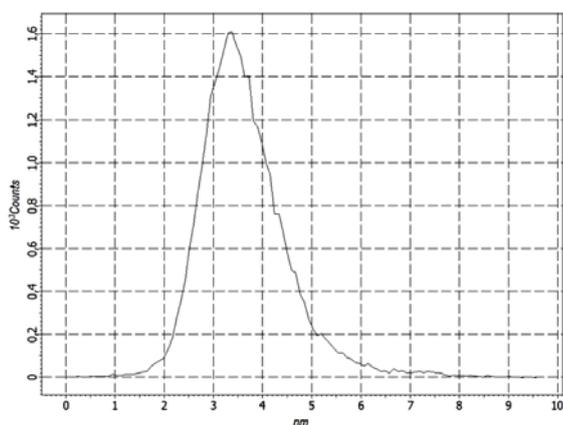


Рис. 2 - Распределение участков поверхности подложки с покрытием по высотам (гистограмма)

На гистограмме (рис. 2) распределение высот по участку показывают толщину островков - 3,3-3,5 нм.

АСМ изучение покрытия на начальных стадиях роста позволило смоделировать осаждение по механизму Фольмера-Вебера (рис. 3).

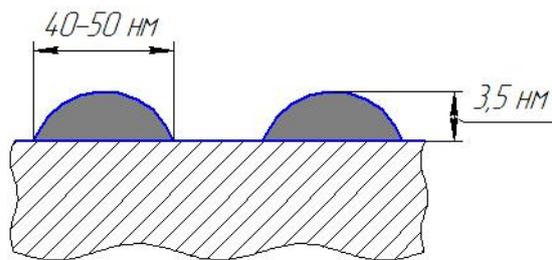


Рис. 3 – Модели островков конденсированного покрытия из TiN в течение 55 секунд

Таким образом, регулируя процесс конденсации покрытия на начальных стадиях роста можно сформировать в поверхностном слое рабочих элементов покрытие заданной структуры путём воздействия на поверхность высокоэнергетических потоков частиц газовой или металлической плазмы. Результатом такого воздействия являются либо структурные изменения в исходной поверхности детали, так называемый процесс модифицирования, либо формирование покрытия, структурное состояние которого зависит от исходной структуры поверхностного слоя подложки детали.

Литература

1. И.Ш. Абдуллин, И.И.Васильев. *Вестник Казанского технологического университета*, 5, 180-181 (2013).
2. И.Ш. Абдуллин, И.И.Васильев. *Вестник Казанского технологического университета*, 14, 27 (2012).
3. В.М. Хороших, С.А. Леонов, В.А. Белоус, Г.Н. Толмачева. *Институт физики твердого тела, материаловедения и технологий ННЦ ХФТИ*, 4, (2009).
4. А.Г. Бембель, В.М. Самсонов, М.Ю. Пушкарь. *Фазовые переходы, упорядоченные состояния и новые материалы*, 12, (2009).
5. В.Н. Анциферов, А.Л. Каменева. *Известия Вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*, 1, 53 (2007).

© И. Ш. Абдуллин - д-р техн. наук, проф., зав. каф. ПНТВМ КНИТУ, tkim1@kstu.ru; М. М. Миронов – канд. техн. наук, доц. той же кафедры; И. И. Васильев - асп. той же кафедры, ilham.v@ya.ru.