

УДК 546.26;539.23

МОРФОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА, ПОДВЕРГНУТЫХ ОБРАБОТКЕ ИОНАМИ АЗОТА

Д.Г. Пилипцов, А.С. Руденков, Р.В. Бекаревич

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель

THE MORPHOLOGY OF THE CARBON BASED COMPOSITION COATINGS PROCESSED BY NITROGEN IONS

D.G. Piliptsov, A.S. Rudenkov, R.V. Bekarevich

F. Scorina Gomel State University, Gomel

Установлено, что обработка композиционных покрытий на основе углерода и титана ионами азота существенно диспергирует структуру покрытий (размер образований снижается почти в 10 раз). После отжига морфология покрытий становится более однородной.

Ключевые слова: композиционные покрытия, ионная обработка, топография, структурные образования.

It was determined, that the processing of composition coatings on the basis of carbon and titanium by ions of nitrogen essentially disperses the structure of coating (the size of formation becomes 10 times less). After annealing of coatings the morphology becomes more homogeneous.

Keywords: composition coatings, ion processing, morphology, structure formation.

Введение

Бомбардировка ускоренными ионами подложки и поверхности покрытия сопровождается проявлением целого ряда явлений (распыления, образования точечных и линейных дефектов кристаллической решетки, ускорения диффузии, локальным нагревом), которые вызывают изменения в структуре и свойствах поверхностных слоев [1]. Для управления структурой и свойствами покрытий наибольший интерес представляют следующие особенности ионно-плазменной обработки:

1. Удаление с поверхности адсорбированных слоев химических соединений при бомбардировке ионами высоких энергий.
2. Активация диффузионных процессов в поверхностных слоях под действием ионов.
3. Диспергирование структуры покрытия.

Эффективно также применение ионной бомбардировки для травления верхних деформированных слоев и полировки поверхности [2]. Изменение топографии поверхности обычно осуществляется с помощью скользящих пучков медленных ионов с энергией от 100 до 700 эВ. Под действием ионов происходит преимущественное разрушение границ зерен, которые проявляются на распыляемой поверхности в виде впадин. Зернистая структура выявляется даже у тех веществ, для которых химическое травление не дает результатов, например, сплавов на основе алюминия. Ионное травление эффективно при выявлении структуры составляющих сплавов, минералов и особенно многокомпонентных диэлектрических и полупроводниковых систем (ситаллов, углеграфитов, резины, нейлона).

При ионной бомбардировке поверхности композиционных покрытий на основе углерода и металла неуглеродными ионами (азота, аргона) помимо перечисленных эффектов происходит вытравливание sp^2 -гибридизированного углерода [3]. Особый интерес представляет изучение процессов, протекающих при ионной обработке в условиях возможного протекания химического взаимодействия ионов с атомами мишени. Таким образом, при ионной обработке композиционных покрытий на основе углерода и металла возможны существенные изменения топографии поверхности, что требует детального изучения.

Основной целью данной работы является изучение морфологии, композиционных углеродных покрытий, подвергнутых обработке низкоэнергетическими ионами азота.

1 Методика исследования

Основными объектами исследования явились композиционные системы на основе углерода и титана. Для получения композиционных углеродных покрытий была использована установка вакуумного напыления PVM-D, содержащая ионный источник «АИДА», с помощью которого можно производить очистку и нагрев подложек, обработку растущего покрытия ионами азота; источник плазмы стационарного катодно-дугового разряда с металлическим катодом, источник плазмы импульсного катодно-дугового разряда с катодом из графита, используемым для нанесения углеродных покрытий, а также дозатор рабочего газа, позволяющий контролировать давление рабочего газа в вакуумной

камере. Схема устройства для ионной обработки представлена на рисунке 1.

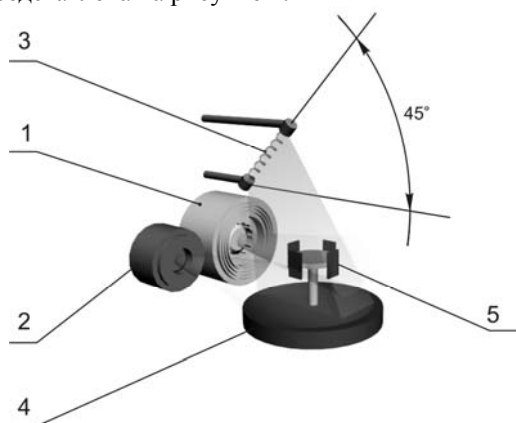


Рисунок 1 – Схема устройства, предназначенного для синтеза композиционных углеродных покрытий с последующей их обработкой ионами азота: 1 – импульсный источник углеродной плазмы, 2 – источник плазмы стационарного катодно-дугового разряда с титановым катодом, 3 – ионный источник «АИДА», 4 – специальная оснастка, 5 – подложки

Очистка поверхности кремниевых подложек 5 производилась с помощью ионного источника 3. В качестве рабочего газа использовался аргон. Давление рабочего газа $2 \cdot 10^{-2}$ Па. Энергия ионов аргона 350 эВ. Ток накала – 8 А, ток соленоида – 0,4 А, ток анода – 3 А. Время обработки составляло 20 минут.

Композиционные покрытия формировались из плазмы импульсного катодно-дугового разряда с катодом из графита 1 (напряжение накопителя составляло 300 В, число импульсов – 3600, частота следования 20 Гц) и с одновременным электродуговым испарением титана с помощью испарителя 2 (ток дуги 70 А).

Ионная обработка композиционного углеродного покрытия осуществлялась с помощью ионного источника «АИДА», установленного в верхней части камеры под углом 45° к направлению плазменного потока углеродного источника. Обработка ионами азота композиционного покрытия происходила при следующих параметрах: давление рабочего газа $4 \cdot 10^{-2}$ Па, ток накала – 8 А, энергия ионов азота – 350-400 эВ, ток анода – 2 А, ток соленоида 0,3 А. Обработка производилась в течении 8, 15 и 30 минут.

Изучение морфологии покрытий проводилось методом атомно-силовой микроскопии

(АСМ) в режимах измерения топографии и фазового контраста с помощью прибора Solver по методике, описанной в работах [4], [5]. Применение динамического полуконтактного метода позволяет с достаточной точностью исследовать морфологические и относительные механические характеристики поверхностей различной физической природы.

2 Результаты и их обсуждение

Поверхность композиционного покрытия Ti+C, не подвергнутого ионной обработке, представляет собой систему образований со средним диаметром у основания порядка 130 нм и высотой 10 нм (рисунок 2, а).

Как видно из рис. 2, б, в, г, дисперсность покрытия, обработанного ионами азота, значительно увеличивается; латеральный размер отдельных структурных образований составляет 15-20 нм, высота не более 3 нм. При этом установлено, что время ионной обработки неоднзначно влияет на параметры шероховатости поверхностных слоев (таблица 1).

Видно, что при времени ионной обработки 15 минут высота структурных образований и шероховатость поверхности имеют минимальное значение. Интерес представляет оценка влияния отжига на морфологию титаносодержащих углеродных покрытий, подвергнутых обработке ионами азота. Нагрев в вакууме таких покрытий, по данным работ [3], [4], инициирует процессы образования карбидов и нитридов титана, дисперсных фаз внедрения. Результаты исследования топографии образцов после отжига средствами АСМ представлены на рисунке 3.

Установлено, что после отжига структура поверхностного слоя становится более однородной, снижается высота структурных образований и их размер. Из анализа изображений фазового контраста следует, что площадь светлых участков возрастает (размер и плотность темных частиц снижается), что свидетельствует об увеличении твердости поверхности.

Выводы

Установлено, что после обработки титаносодержащих углеродных покрытий ионами азота высота структурных образований и шероховатость поверхности существенно уменьшается. Отжиг покрытий в вакууме повышает структурную однородность и способствует сглаживанию поверхности.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных АСМ композиционных покрытий Ti+C

Тип покрытия	Время ионной обработки, мин	Шероховатость Ra, нм		Средняя высота образований, нм	
		до отжига	после отжига	до отжига	после отжига
Ti+C	нет	2,03	–	9,9	–
	8	0,37	0,206	3,3	2,6
	15	0,17	0,216	1,2	2,5
	30	0,31	0,194	1,8	1,1

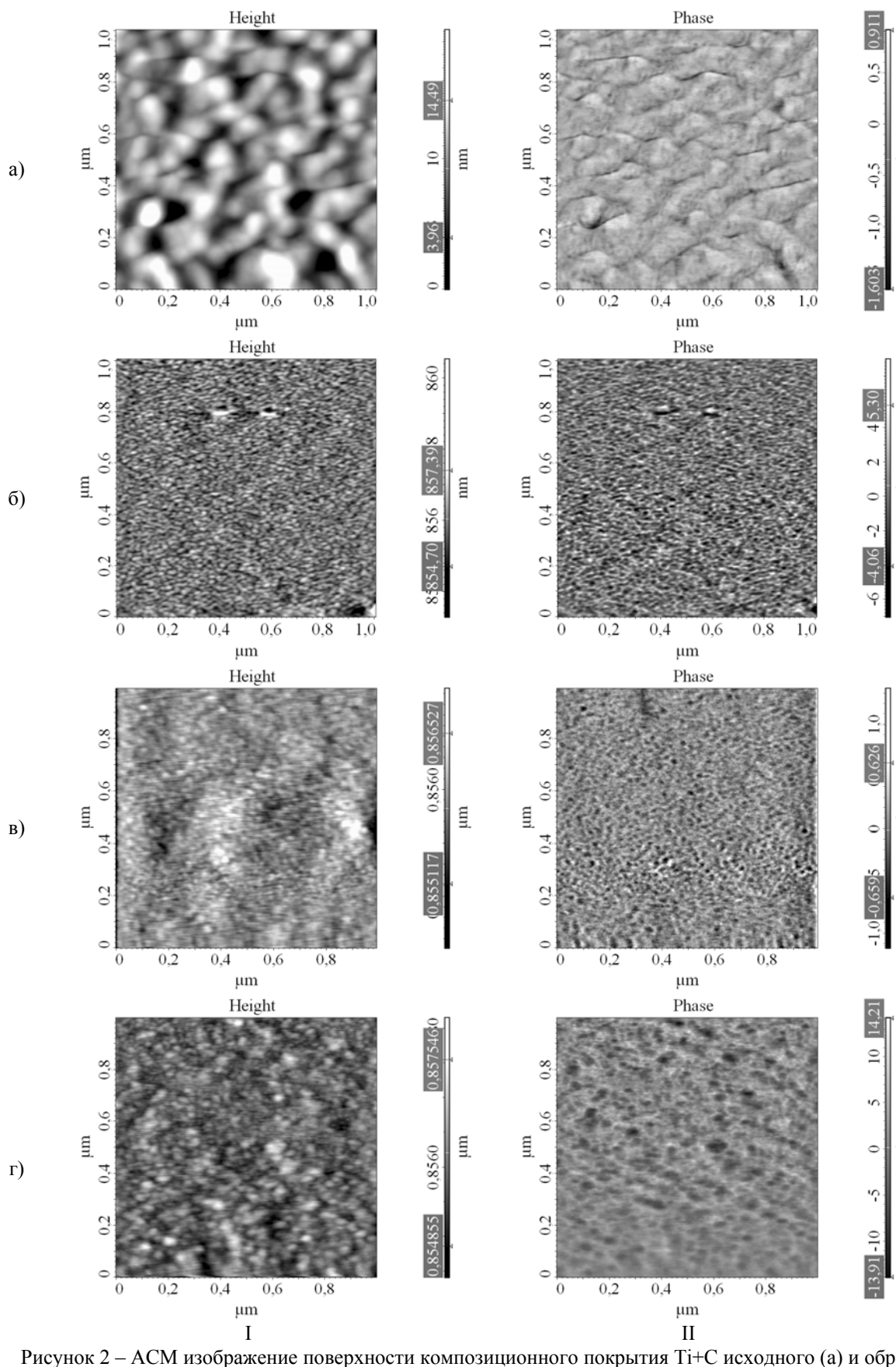


Рисунок 2 – АСМ изображение поверхности композиционного покрытия Ti+C исходного (а) и обработанного ионами азота в течение 8 минут (б), 15 минут (в), 30 минут (г), площадь сканирования 1x1 мкм: I – топология; II – фазовый контраст

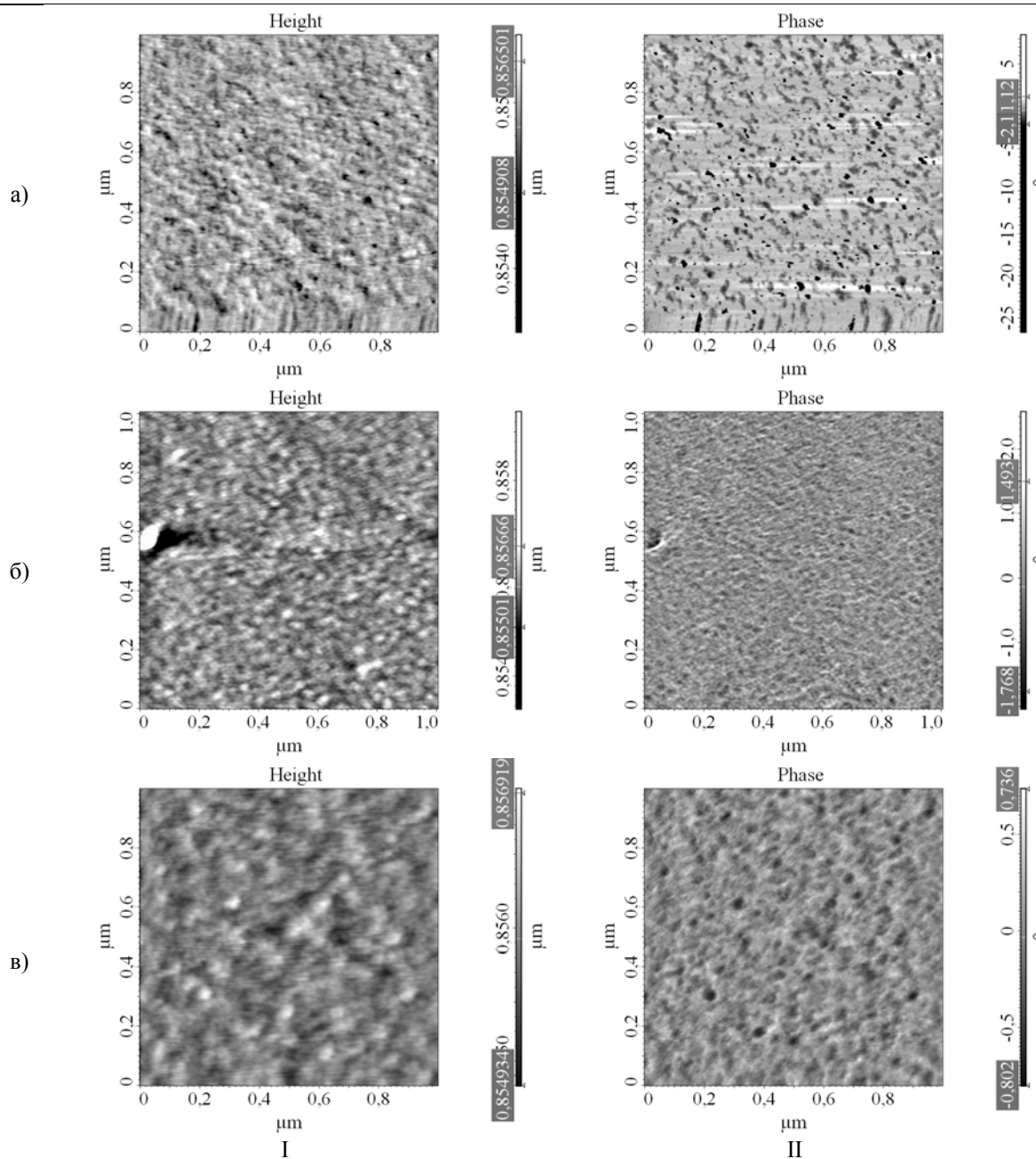


Рисунок 3 – АСМ изображение поверхности композиционного покрытия Ti+C после отжига, обработанного ионами азота в течение 8 минут (б), 15 минут (в), 30 минут (г), площадь сканирования 1x1 мкм: I – топология; II – фазовый контраст

ЛИТЕРАТУРА

1. Барвинок, В.А. Физические основы и математическое моделирование процессов вакуумного ионно-плазменного напыления / В.А. Барвинок, В.И. Богданович. – М. : Машиностроение, 1999. – 309 с.
2. Гасанов, И.С. Плазменная и пучковая технология / И.С. Гасанов. – Баку : Элм, 2006. – 174 с.
3. Белошенко, В.А. Получение углерод-азотных покрытий, модифицированных нитридом титана / В.А. Белошенко, В.Н. Варюхин, Б.Е. Шкуратов // Журнал технической физики. – 2004. – Т. 74. – С. 131–133.

4. Структура и механические свойства легированных углеродных покрытий / А.В. Рогачев [и др.] // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения : Сб. научн. трудов. – Минск : ПГУ, 2001. – С. 227–230.

5. Chizik, S.A. Scanning probe microscopy as a method of control of structure, geometry and physical surface properties / S.A. Chizik // Computers methods and inverse problems in nondestructive testing and diagnostics. – Minsk. – 1995. – P. 332–335.

Поступила в редакцию 14.07.10.