

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ПОДСЛОЕВ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОНАТА И СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА МОРФОЛОГИЮ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ

А.С. Руденков

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
ул. Советская 104, Гомель 246028, Беларусь, rudenkov@gsu.by

Предложена оригинальная двухстадийная методика формирования трехслойных покрытий, заключающаяся в предварительном осаждении слоев на основе поликарбоната и серной кислоты путем электронно-лучевого диспергирования исходных компонентов и последующем нанесении углеродных слоев из плазмы импульсного катодно-дугового разряда. Показано, что порядок следования слоев поликарбоната и серной кислоты определяет морфологические особенности всего подслоя. Средствами атомно-силовой микроскопии установлено, что двухслойные системы поликарбонат/серная кислота характеризуются меньшей шероховатостью (9 нм), но более высокими значениями продольных размеров отдельных структурных образований (до 630 нм), по сравнению с покрытиями с архитектурой серная кислота/поликарбонат. В то же время углеродные покрытия, осажденные на подслое с архитектурой поликарбонат/серная кислота характеризуются более высокими значениями шероховатости (158 нм), чем слои, сформированные на подслое серная кислота/поликарбонат. Термообработка покрытий при температуре 120 °C в течение 30 мин на воздухе существенным образом влияет на морфологию рассматриваемых образцов. Углеродные слои, сформированные на поверхности поликарбонат/серная кислота после термообработки, характеризуются меньшими значениями среднего диаметра зерен (870 нм) и меньшей субшероховатостью (96 нм), чем слои, сформированные на этих же системах без термообработки.

Ключевые слова: электронно-лучевое нанесение; поликарбонат; серная кислота; углерод; морфология.

INFLUENCE OF ARCHITECTURE OF SUBLAYERS BASED ON POLYCARBONATE AND SULFURIC ACID ON THE MORPHOLOGY OF CARBON COATINGS

A. Rudenkov

F. Scorina Gomel State University,
104 Sovetskaya Str., 246028 Gomel, Belarus, rudenkov@gsu.by

An original two-stage technique for forming three-layer coatings is proposed. It consists of preliminary deposition of layers based on polycarbonate and sulfuric acid by electron-beam dispersion of the initial components and subsequent application of carbon layers from the plasma of a pulsed cathode-arc discharge. It is shown that the order of the polycarbonate and sulfuric acid layers determines the morphological features of the entire sublayer. Atomic force microscopy has shown that the two-layer systems polycarbonate/sulfuric acid are characterized by lower roughness (9 nm), but higher values of the longitudinal dimensions of individual structural formations (630 nm), compared to coatings with the sulfuric acid/polycarbonate architecture. At the same time, carbon coatings deposited on the sublayer with the polycarbonate/sulfuric acid architecture are characterized by higher roughness values (158 nm) than the layers formed on the sulfuric acid/polycarbonate sublayer. Heat treatment of the coatings at a temperature of 120 °C for 30 minutes in air significantly affects the morphology of the samples under consideration. Carbon layers formed on the surface of polycarbonate/sulfuric acid after heat treatment are characterized by smaller values of the average grain diameter (870 nm) and lower sub-roughness (96 nm) than the layers formed on the same systems without heat treatment. Carbon layers formed on sulfuric acid/polycarbonate systems are characterized by a larger grain diameter (1610 nm), higher sub-roughness values (154 nm) than in the case of forming carbon coatings without preliminary heat treatment of the sublayer. The use of two-layer systems based on polycarbonate and sulfuric acid allows controlling the morphological features of the carbon layers deposited on their surface, which in turn is due to the processes of phase transformation of polycarbonate due to heat treatment and interaction with sulfuric acid.

Keywords: electron beam deposition; polycarbonate; sulfuric acid; carbon; morphology.

Введение

Использование электронно-лучевых методов и плазменных технологий формирования в сочетании с химической обработкой значительно расширяет возможности по получению наноструктурированных покрытий с заданной топографией поверхности, регулированию состава, структуры, распределения ингредиентов по толщине углеродного слоя, что определяет их высокую перспективность при решении различных технических задач – от создания коррозионностойких покрытий до синтеза активных элементов газовых сенсоров и биодатчиков [1].

Целью настоящей работы является установление особенностей формирования и определение морфологии поверхности углеродных покрытий сформированных на поверхности двухслойных систем на основе поликарбоната и серной кислоты.

Материалы и методы исследования

Покрытия были сформированы двухстадийным гибридным методом на кремниевых подложках: на первой стадии слои на основе поликарбоната (ПК) и серной кислоты (H_2SO_4) были сформированы с помощью электронно-лучевого диспергирования исходных компонентов; на второй стадии из плазмы импульсного катодно-дугового разряда было осаждено углеродное покрытие. Давление остаточных газов в вакуумной камере составляло $5 \cdot 10^{-3}$ Па.

Покрытия на основе поликарбоната и серной кислоты были сформированы без разгерметизации вакуумной камеры в одном технологическом цикле. В качестве материала мишени были использованы порошки поликарбоната и серная кислота. Низкие значения давления насыщенных паров серной кислоты препятствуют ее быстрому испарению в условиях технологического вакуума (10^{-3} Па) [2], что позволяет использовать кислоту в качестве мишени.

Термообработка полученных покрытий

осуществлялась на воздухе при температуре $120^{\circ}C$ в течение 30 минут. На второй стадии на поверхности ранее полученной двухслойной системы были сформированы углеродные слои в течении 3000 импульсов с частотой следования 5 Гц. Толщина полученных покрытий не превышала 240 нм.

Морфологические особенности поверхности сформированных покрытий были изучены средствами атомно-силовой микроскопии (ACM) в полуконтактном режиме (область сканирования – 30×30 мкм) с использованием микроскопа Solver Pro (NT-MDT, Россия).

Результаты и их обсуждение

Результаты ACM (рис. 1) показывают, что электронно-лучевое диспергирование серной кислоты неоднозначным образом влияет на морфологию осаждаемых покрытий.

Показано, что системы ПК/ H_2SO_4 характеризуются меньшей субшероховатостью (9 нм), но большим диаметром зерен (630 нм), чем двухслойные покрытия H_2SO_4 /ПК. При этом углеродные слои, сформированные на поверхности систем ПК/ H_2SO_4 , характеризуются большей шероховатостью и более высокой дисперсностью, чем слои, сформированные на поверхности H_2SO_4 /ПК.

Термообработка двухслойных систем на основе поликарбоната и серной кислоты приводит к уменьшению значений субшероховатости, увеличению количества отдельных структурных образований и уменьшению их диаметра. Поскольку наблюдается схожее изменение параметров топографии углеродных слоев, нанесенных на поверхность поликарбоната, можно сделать вывод, что такие морфологические изменения двухслойных систем обусловлены изменением топографии поверхности слоя поликарбоната.

Топография углеродных слоев, сформированных на поверхности систем H_2SO_4 /

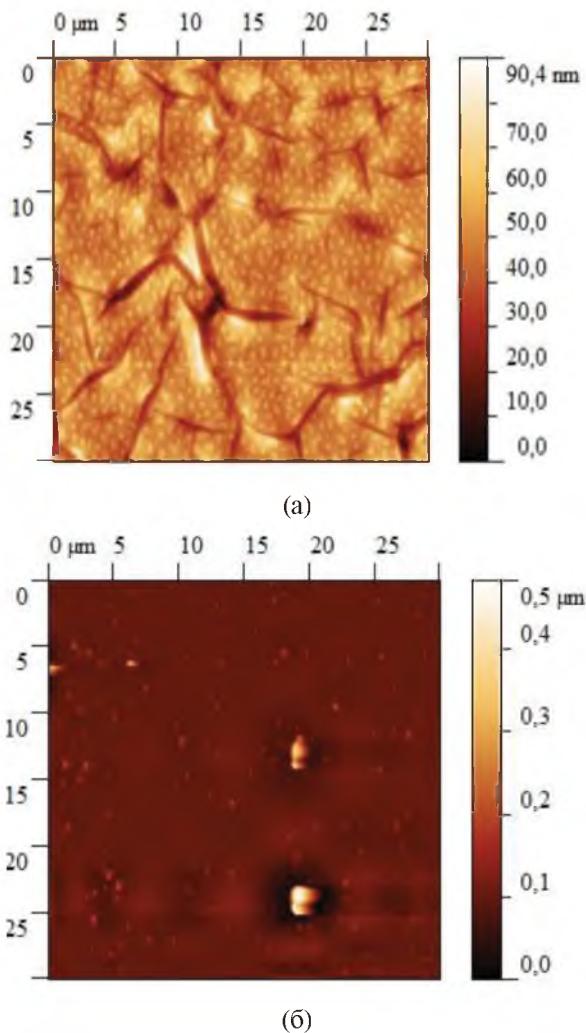


Рис. 1. Морфология двухслойных систем на основе ПК и H_2SO_4 : а – ПК/ H_2SO_4 ; б – H_2SO_4 /ПК

ПК и ПК/ H_2SO_4 после их термообработки, различается существенным образом (рис. 2).

Углеродные слои, сформированные на поверхности ПК/ H_2SO_4 после термообработки, характеризуются меньшими значениями среднего диаметра зерен (870 нм) и меньшей субшероховатостью (96 нм), чем слои, сформированные на этих же системах без термообработки (1170 нм и 158 нм соответственно). При этом поверхность углеродных слоев, сформированных на системах H_2SO_4 /ПК, характеризуется большим диаметром зерен, более высокими значениями субшероховатости, чем в случае формирования углеродных на поверхности систем H_2SO_4 /ПК без их предварительной термообработки.

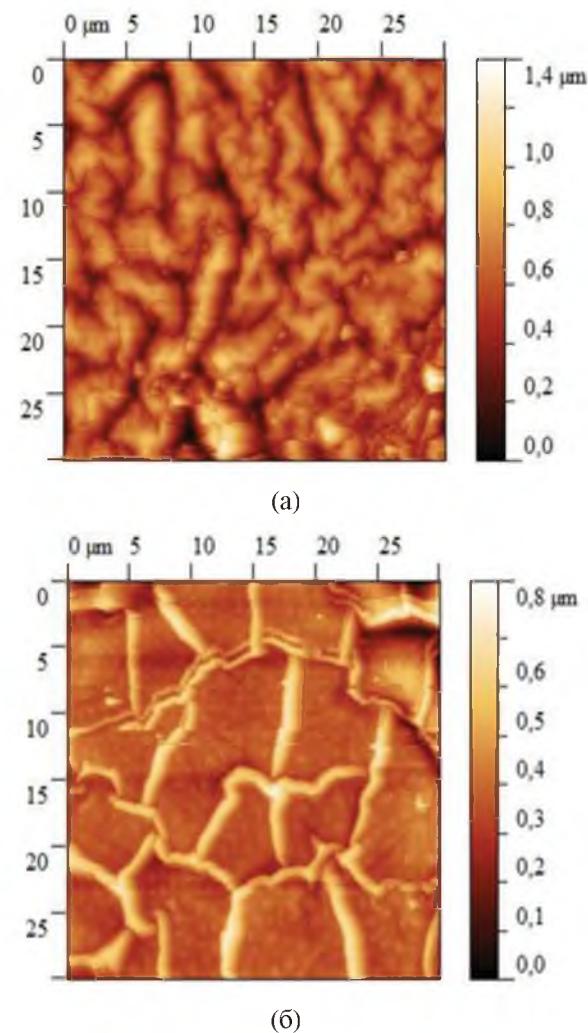


Рис. 2. Морфология углеродных покрытий, сформированных на подслое ПК/ H_2SO_4 : а – с подслоем без термообработки; б – с термообработанным подслоем

Данный факт, по всей видимости, обусловлен изменением структуры двухслойных систем на основе поликарбоната и серной кислоты вследствие их термообработки, что определяет характер роста, фазовый состав и морфологические особенности углеродных слоев, осаждаемых на поверхности вышеуказанных систем.

Заключение

Особенностью вакуумных методов формирования углеродных слоев является осаждение гладких покрытий, однако, для большинства практических задач, покрытия должны обладать развитым рельефом (гидрофобные, фототермические, адсорб-

ционные свойства).

Использование двухслойных систем на основе поликарбоната и серной кислоты позволяет управлять морфологическими особенностями осаждаемых на их поверхности углеродных слоев, что в свою очередь, обусловлено процессами фазовой трансформации поликарбоната вследствие термообработки и взаимодействия с серной кислотой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Рес-

публики Беларусь в рамках комплексного задания 1.12, ГПНИ «Фотоника и электроника для инновации».

Библиографические ссылки

1. Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В. Наноматериаловедение: учебное пособие. Минск: Высшая школа; 2015. 511 с.
2. Амелин А.Г. Технология серной кислоты: учебное пособие для вузов. Москва: Химия; 1983. 360 с.