

## ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ БИОАКТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ ИМПЛАНТАТОВ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА

А.Ю. Федоткин, П.В. Марьин

Научные руководители – к.ф.-м.н., н.с. А.И. Козельская; к.ф.-м.н., доцент С.И. Твердохлебов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, fedotkin\_sasha@mail.ru

Одним из перспективных методов формирования биоактивных кальций-фосфатных (КФ) покрытий на поверхности титановых имплантатов является метод ВЧ-магнетронного распыления (ВЧМР) КФ мишеней. ВЧМР позволяет осаждать покрытия на различные материалы, в том числе, на керамические. Этот метод является универсальным не только в плане материала подложки, но и мишени, используемой для распыления, что придает ему большую вариативность по сравнению с другими методами. Использование в качестве рабочего газа смеси аргона и азота при распылении КФ мишени, например, из гидроксиапатита (ГАП) позволяет формировать на поверхности изделий КФ покрытия, содержащее  $\text{NO}_x$  группы.

Оксид азота является важнейшим медиатором воспаления иммунной системы, с которым связаны регуляторное и защитное действие на организм. Как фактор антимикробной защиты  $\text{NO}$  включается в механизмы неспецифического иммунитета. В то же время, избыточное содержание  $\text{NO}$  оказывает повреждающее действие на ткани организма за счет модуляции воспалительного процесса и апоптоза. Поэтому особый интерес представляет получение на поверхно-

сти медицинских изделий покрытий с контролируемой концентрацией  $\text{NO}$ .

Целью данной работы является формирование покрытий на основе гидроксиапатита, допированных оксидом азота, для реконструктивной хирургии в травматологии, ортопедии, стоматологии.

Формирование  $\text{ГАП}+\text{NO}$  покрытий осуществляли из плазмы ВЧ магнетронного разряда, возникающего при распылении твердотельной ГАП мишени, в атмосфере азота ( $\text{N}_2$ ) и аргона ( $\text{Ar}$ ) на установке, созданной на базе «Катод 1М». Параметры процесса: расстояние между мишенью и образцом – 38 мм, предварительное давление –  $3 \cdot 10^{-3}$  Па, рабочее давление – 0,5 Па, удельная мощность  $\sim 5,26$  Вт/см<sup>2</sup>, время осаждения – 3 ч. Для формирования исследуемых групп покрытий использовали различные объемные соотношения рабочего газа к реактивному ( $\text{Ar}/\text{N}_2$ ): 100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100.

XPS спектры исследуемых покрытий представлены пиками, соответствующими группам  $\text{CN}$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}_3\text{PO}_4$  (рис. 1 а,б). В группах  $\text{Ar}50/\text{N}50$ ,  $\text{Ar}25/\text{N}75$  и  $\text{N}100$  наблюдается пик 397,5 эВ (рис. 1а), соответствующий  $\text{NO}$ , интенсивность которого увеличивается по мере увели-

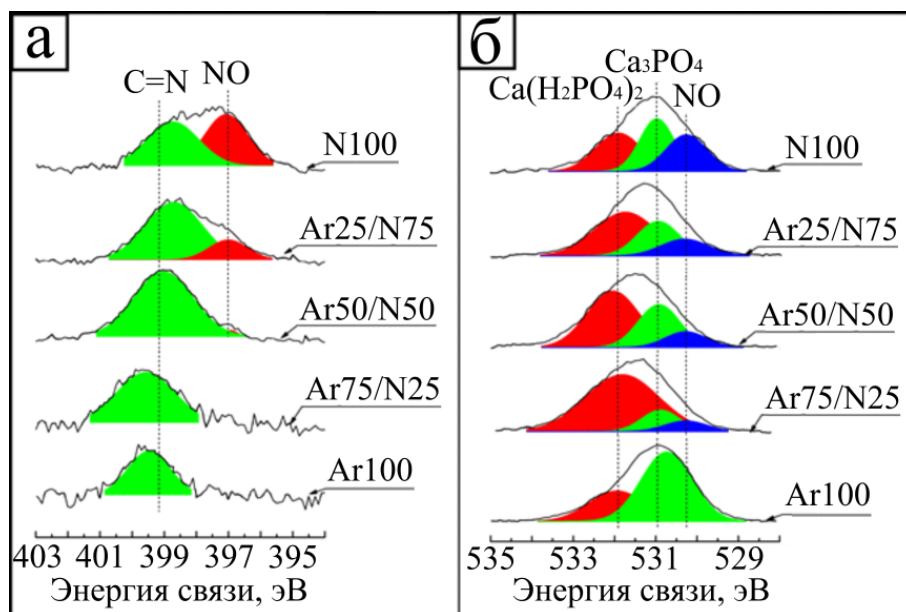


Рис. 1. XPS спектры исследуемых покрытий

**Таблица 1.** Свойства исследуемых покрытий

Соотношение газов	Ar100	Ar75/N25	Ar50/N50	Ar25/N75	N100
Толщина покрытия, нм	499±10	370±16	632±11	480±42	598±55
Шероховатость, нм	16,368	11,121	32,867	19,82	28,471
Краевой угол смачивания, град	68,7±6,6	82,8±11,5	105,4±1,7	86,0±5,9	109,2±2,9

чения содержания азота в смеси рабочих газов. Наличие CN объясняется наличием остатков органических растворителей.

Наибольшей толщиной и шероховатостью характеризуется покрытие группы Ar50/N50. Наиболее гидрофобными являются покрытия групп N100 и Ar50/N50, а наиболее гидрофильными – покрытия группы Ar100.

Исследование жизнеспособности мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток показало, что азот-содержащие покрытия групп Ar75/N25 и Ar50/N50 характеризуются досто-

верно лучшими показателями жизнеспособности. Дальнейшее снижение этого показателя по мере увеличения содержания азота в смеси рабочих газов объясняется возникновением цитотоксических свойств покрытий с дальнейшим ростом содержания NO.

Работа выполнена на средства субсидии на государственную поддержку ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

## ВЛИЯНИЕ ТИПА УНТ НА УПЛОТНЕНИЕ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ $ZrO_2$ , ПОЛУЧЕННЫХ СВОБОДНЫМ СПЕКАНИЕМ

Хаоце Лю, Цзин Ли, А.А. Леонов

Научный руководитель – инженер, м.н.с. А.А. Леонов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, laa91@tpu.ru*

*Институт сильноточной электроники СО РАН  
634055, Россия, г. Томск, пр-т Академический 2/3*

Углеродные нанотрубки (УНТ) широко используются для армирования различных материалов, с целью улучшения физико-механических, прочностных и трибологических свойств, а также для создания композитов с новыми функциональными свойствами. Существуют одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ), которые представляют собой полую цилиндрическую структуру, сформированную из слоя графена и многостенные (МУНТ), которые состоят из вложенных друг в друга концентрических слоев свернутого графена. ОУНТ и МУНТ имеют высокие механические свойства и, находясь в матрице композиционного материала, могут принимать на себя долю механической нагрузки, тем самым повышая физико-механические свойства композита. Однако такие волокнистые углеродные наноматериалы в композиционных порошках могут существенно влиять на процессы прессования и спекания, а также на фазовый состав спеченных композитов, что непременно

сказывается на физико-механических свойствах. Таким образом, целью данной работы является исследование влияния добавок ОУНТ и МУНТ на уплотнение, фазовый состав и физико-механические свойства композитов на основе  $ZrO_2$ , полученных свободным спеканием.

Нанопорошок  $ZrO_2 + 3$  мол.  $Y_2O_3$  (Tosoh, Япония) использовали в качестве матричного материала для создания композитов. ОУНТ марки «Tuball» с  $S_{уд} = 546$  м<sup>2</sup>/г (OCSiAl, г. Новосибирск, Россия) и МУНТ марки «Таунит» с  $S_{уд} = 103$  м<sup>2</sup>/г (НаноТехЦентр, г. Тамбов, Россия) использовали в качестве армирующих добавок. Смешивание УНТ с нанопорошком  $ZrO_2$  осуществляли в среде этанола с использованием ультразвуковой ванны и магнитной мешалки [1, 2]. Получали композиционные порошки с 0,1, 0,5 и 1 мас. % ОУНТ и с 1, 5, 10 мас. % МУНТ. Из полученных порошков изготавливали компакты одноосным односторонним прессованием при 100 МПа, используя пресс ИП-500М-авто (ЗИПО, Россия).