

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТОНКОГО БИОАКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЦИНК-ЗАМЕЩЕННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА, ПОЛУЧЕННОГО НА ТИТАНЕ МЕТОДОМ ВЧ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

К.А. ПРОСОЛОВ^{1,2}, О.А. БЕЛЯВСКАЯ², Ю.П. ШАРКЕЕВ^{1,2}

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: konstprosolv@gmail.com

Основной задачей в области дентальной имплантации, ортопедии и травматологии является создание имплантатов, способных установить долговременный, прочный физико-химический контакт с окружающей костной тканью пациента. Модифицирование поверхности путем формирования биосовместимого покрытия различной толщины является самым распространенным способом контроля и управления свойствами поверхности имплантатов.

Существует ряд методов, позволяющих получать кальцийфосфатные покрытия, а именно, микродуговое оксидирование, лазерная абляция, золь-гель метод, метод ВЧ-магнетронного распыления и др [1]. Последний отличается от остальных возможностью управлять толщиной покрытия в нанометровом диапазоне, высокой степенью адгезии к подложке и возможностью создавать заданную периодическую структуру при использовании шаблонов для напыления. Многочисленные исследования установили важное и необходимое требование к внутрикостным имплантатам – поверхность имплантата должна быть шероховатой и/или микропористой. Шероховатость улучшает интеграцию имплантата с костной тканью и предотвращает его отторжение [2].

С другой стороны, важной характеристикой биопокровтий в составе имплантатов, помещённых в различные структуры костномышечных тканей, является их электрическая совместимость. Как было показано экспериментально [3], электрически поляризованный гидроксиапатит усиливает эффект роста костной ткани на покрытии, что является важным эффектом с точки зрения биомедицины.

В настоящее время существует ограниченное число работ, связанных с поляризацией покрытий на основе гидроксиапатита [3]. Более того, по результатам выполненного литературного обзора установлено, что эффект поляризации тонких ВЧ магнетронных покрытий на основе гидроксиапатита и его зависимость от морфологии поверхности не изучен в должной мере. Однако, в работах В.С. Быстрова [4,5] по моделированию распределения электрического заряда по поверхности частиц гидроксиапатита показано, что максимальный электрический заряд поверхности покрытий на основе гидроксиапатита, будет сконцентрирован на структурных элементах, имеющих высокую степень островершинности по сравнению со значением средней шероховатости поверхности. Следовательно, изменяя топографию покрытия возможно добиться желаемого распределения заряда по поверхности. Целью настоящего исследования являлось экспериментальное доказательство модели В.С. Быстрова и установление зависимости шероховатости на электрический потенциал покрытия на основе гидроксиапатита.

Для определения зависимости величины электрического потенциала от шероховатости поверхности на подложки из чистого титана (BT1-0) различной шероховатости ($R_a=0,5-2,5$ мкм) были нанесены покрытия методом ВЧ магнетронного распыления гидроксиапатитовой мишени. Толщина покрытий определялась при помощи спектрального эллипсометрического комплекса «ЭЛЛИПС – 1891 САГ» (Россия) и достигала 720 нм. Для определения топографии поверхности и электрического заряда использовали атомно-силовой микроскоп с зондом Кельвина NTEGRA Prima (NT-MDT, Россия).

Исследование топографии образцов титана с покрытием показал, что шероховатость поверхности до и после напыления покрытия различается незначительно.

Кальцийфосфатное покрытие повторяет топографию исходной поверхности титана, является плотным, равномерным, без видимых сколов и трещин. На рисунке 1а представлена топография кальцийфосфатного покрытия на титане со средней шероховатостью $R_a = 1 \mu\text{м}$. Как видно из изображения, в центре области сканирования расположен структурный элемент, значительно превышающий средний уровень высоты рядом расположенных элементов. На рисунке 1б представлен профиль распределения заряда, снятый с области сканирования с пересечением структурного элемента расположенного в центре, полученный с помощью зонда Кельвина. Из профиля распределения видно, что максимальный электрический потенциал не равномерен по поверхности, а преимущественно сосредоточен вблизи островершинного структурного элемента. Также из профиля распределения видно, что уровень электрического потенциала коррелирует со степенью шероховатости и топографией поверхности.

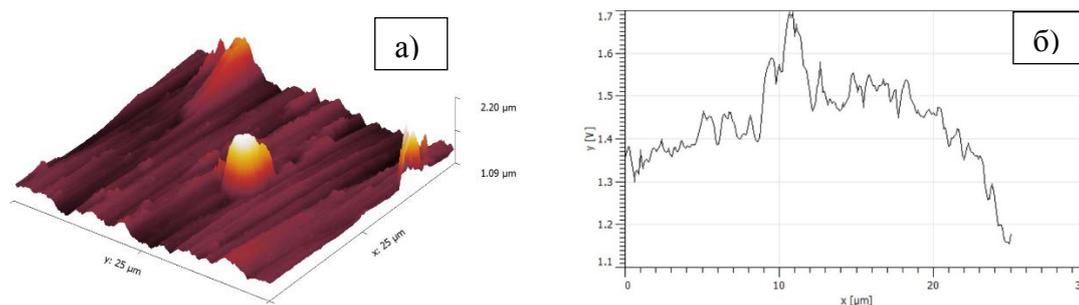


Рисунок 1 – Топография кальцийфосфатного покрытия на титановой подложке а); профиль распределение электрического потенциала по поверхности сканирования б).

Таким образом, в работе экспериментально подтверждена модель В.С. Быстрова по распределению заряда на поверхности покрытия гидроксиапатита. Установлено, что высокая концентрация зарядов на поверхности локализуется в области структурных элементов, имеющих геометрию островершинности, по отношению к средней шероховатости.

Авторы выражают благодарность профессору Рижского технического университета Ю.Д. Декхтярю за помощь в проведении исследования и обсуждение результатов.

Список литературы

1. Surmenev R. A. A review of plasma-assisted methods for calcium phosphate-based coatings fabrication //Surface and Coatings Technology. – 2012. – Т. 206. – №. 8. – С. 2035-2056.
2. Шаркеев Ю. П. и др. Структура, механические характеристики и остеогенные свойства биокomпозиционного материала на основе субмикрoкристаллического титана и микродугового кальций-фосфатного покрытия //Физическая мезомеханика. – 2005. – Т. 8. – №. 5.
3. Nakamura S., Takeda H., Yamashita K. Proton transport polarization and depolarization of hydroxyapatite ceramics //Journal of Applied Physics. – 2001. – Т. 89. – №. 10. – С. 5386-5392.
4. Bystrov V. S. et al. Computational and experimental studies of size and shape related physical properties of hydroxyapatite nanoparticles //Journal of Physics: Condensed Matter. – 2011. – Т. 23. – №. 6. – С. 65-72.
5. Bystrov V. S. et al. A computational study of the properties and surface interactions of hydroxyapatite //Ferroelectrics. – 2013. – Т. 449. – №. 1. – С. 94-101.