

# ФОРМИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЛОЕВ $TiO_2$ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ИМПЛАНТОЛОГИИ

Е.А. Богданов<sup>1</sup>, А.Ю. Гойхман<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студент физико-технического факультета Российского государственного университета им. И. Канта

<sup>2</sup>зав. лаб. ионно-плазменных технологий инновационного парка РГУ им. И. Канта

Имплантация в ткани организма человека искусственных материалов – имплантатов – одна из актуальнейших проблем современной медицины и техники. В частности, важнейшей проблемой является обеспечение высокоразвитой бионертной поверхности и надёжного сцепления с костной тканью [1]. В этой связи является предпочтительным наличие оксидного слоя (диоксида титана), который превышает по бионертности основной материал в несколько раз, что наиболее актуально для изготовления дентальных имплантатов и эндопротезов, имеющих контакт с костной тканью.

Исследователями установлено, что материал имплантата, с одной стороны, не должен воздействовать на геном клеток организма, ингибировать белки – остеиндукторы, угнетать митоз остеогенных клеток, а в дальнейшем деятельность остеобластов и остеоцитов. С другой стороны, поверхность материала должна обеспечивать адсорбцию белков и адгезию клеток, органического и минерального компонентов костного матрикса, а также его физико-химическую связь с поверхностью имплантата [2].

С точки зрения активности по отношению к остеиндукции и взаимодействию с костным матриксом биосовместимые материалы можно разделить на биоактивные, бионертные и биотолерантные [3], среди которых особое место занимают бионертные. К таким материалам относится титан, благодаря своим свойствам низкой токсичности и высокой биосовместимости. Большой успех применения эндостальных титановых имплантатов связан с эффектом формирования прямого интерфейса кость-имплантат без вовлечения мягких тканей. Такое поведение связано с наличием на поверхности титана естественного оксида, на котором, как показали многочисленные исследования, происходит адгезия и связывание белков, а также ионов кальция и фосфора. Однако, толщина оксидной плёнки, образующейся в естественных условиях, не превышает 5-6 нм, что не обеспечивает, во-первых, большой площади остеоинтегрированного контакта; во-вторых, высоких значений силы интеграции, прочности и плотности соединения имплантатов с костью; в-третьих, высокого уровня клинической эффективности имплантатов; и, наконец, высокой коррозионной стойкости.

Конечной целью работы является разработка тонкопленочного наноструктурированного материала на основе оксида титана с наперёд заданными свойствами по толщине, который, при формировании на поверхности костного имплантата, способствует значительному ускорению остеоинтеграции, и улучшению устойчивости имплантированной кости в целом.

В данной работе методами сканирующей электронной микроскопии и спектроскопии в сочетании с ионным профилированием, а также методом резерфор-

довского обратного рассеяния исследованы структурные, химические и морфологические свойства поверхностей и структур исходной подложки титана и тонкопленочного слоя  $\text{TiO}_2$ , синтезированного методом ионно-плазменного напыления. Синтез тонкопленочного слоя  $\text{TiO}_2$  проводился путем распыления мишени Ti потоком высокоэнергетических ионов  $\text{Ar}^+$  (1500 эВ) в атмосфере кислорода низкого давления ( $P_{\text{O}_2} \sim 10^{-3}$  Па), при этом исходная поверхность титановой подложки подвергалась последовательно механической полировке, химической очистке (смесью спирта и ацетона 1:1 в ультразвуковой ванне), и ионной очистке в условиях сверхвысокого вакуума ( $P \sim 10^{-5}$  Па) плотным потоком ионов энергии  $\sim 500$  эВ в течение 5 минут.

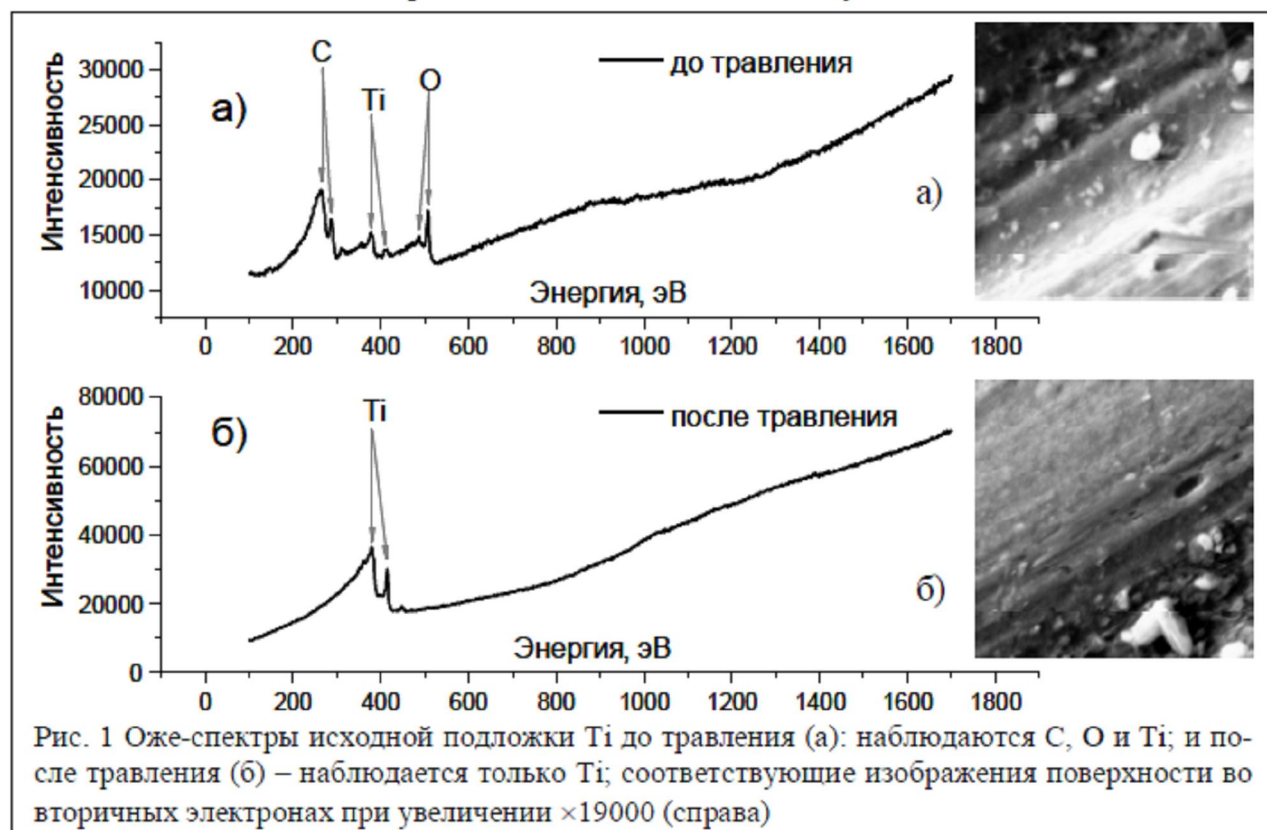
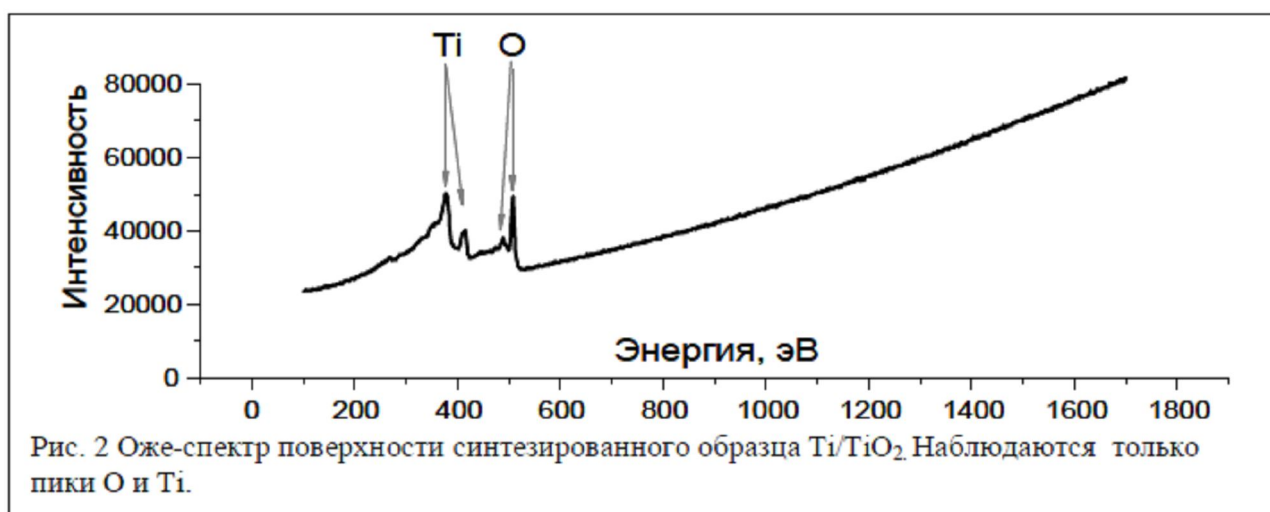


Рис. 1 Оже-спектры исходной подложки Ti до травления (а): наблюдаются С, О и Ti; и после травления (б) – наблюдается только Ti; соответствующие изображения поверхности во вторичных электронах при увеличении  $\times 19000$  (справа)

На рис. 1 (а) приведены Оже-спектры, характеризующие химическое состояние поверхности исходной подложки Ti после механической полировки. На спектрах регистрируются пики, характерные для атомов углерода кислорода и титана. При этом наличие С и О объясняется присутствием обычного атмосферного загрязнения на поверхности. После проведения химической очистки и ионного травления потоком ионов  $\sim 500$  эВ в течение 5 минут поверхность исходного Ti очистилась от атмосферных загрязнений, что отражено на спектре (б) присутствием вклада от единственного элемента – Ti. Так же, на рис. 1 приведены изображения во вторичных электронах поверхности титана до и после травления, полученные при увеличении  $\times 19000$ .

В результате проведенного после ионной очистки подложки процесса синтеза тонкопленочного покрытия  $\text{TiO}_2$  путём распыления мишени Ti в атмосфере кислорода низкого давления в течении 80 минут была получена структура Ti/ $\text{TiO}_2$  с заданной толщиной плёнки, соответствующим стехиометрическим составом, и химическими свойствами. Так на Рис. 2 приведен Оже-спектр поверхности полученного образца, на котором наблюдаются только пики Ti и кислорода. Причем, детальный анализ данных показывает, это позволяет сделать вывод, что стехиометрия состава плёнки близка к стехиометрии  $\text{TiO}_2$ .



Кроме того, в работе представлены результаты исследования структурных и морфологических свойств синтезированных образцов, демонстрирующие высокое качество формируемых методом ионно-плазменного напыления тонкоплёночных покрытий TiO<sub>2</sub> на поверхности Ti.

#### Литература

1. Робустова Т.Г. Имплантация зубов (хирургические аспекты). М.: Медицина. 2003. – 560 с.
2. А.Н.Митрошин, И.А. Казанцев, А.О. Кривенков, П.В. Иванов, С.Н. Чугунов, В.В. Розен, М.А.Розен Ползуновский Альманах №1-2. 2007.
3. V. Strunz, J.Osborn A clinical evaluation of fixed bridge restoration supported by me combination of tees and osseointegrated titanium implants // J. Clin. Periodont. – 1986. – Vol. 13. – P. 307 – 312.