

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Бойцовой Елены Львовны «Синтез и свойства покрытий на основе титана, осажденных в плазме магнетронного разряда», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Работа Бойцовой Е.Л. посвящена развитию физико-химических основ технологических процессов синтеза функциональных покрытий на основе диоксида титана с включением в структуру материала заданного количества азота в окисленной форме для последующего применения в медицинских целях. В работе представлены результаты исследований, направленных на изучение влияния состава газовой плазмы и условий магнетронного синтеза пленки диоксида титана путем распыления его металлической мишени в атмосфере смеси азота, кислорода и аргона заданного состава. Изучены процессы фазо- и структурообразования в условиях вариации состава газовой среды и условий магнетронного распыления титана. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки физико-химических основ технологии легированных титан-оксидных пленочных покрытий с управляемым изменением концентрации окисленного азота в структуре конечного материала и заданными параметрами его диффузии из материала в окружающую среду для применения медицинской технике и технологиях.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- впервые разработаны физико-химические основы технологии контролируемого внедрения окисленного азота в объемную структуру формируемой оксидной пленки титана, что обеспечивает возможность получения покрытий с заданными функциональными характеристиками для медицинских применений;

- показано, что варьирование напряжением смещения до 100 В возможно управлять классом шероховатости получаемого функционально покрытия и концентрацией введенного окисленного азота, получаемого покрытия  $TiO_2$ .

Практическая значимость работы состоит в том, что автором разработаны физико-химические основы синтеза функциональных оксидных пленок на основе титана, удовлетворяющих требованиям стандартов серии ИСО 10993 «Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий», что обеспечивает перспективы их практического применения. На основании результатов разработанных основ синтеза разработано оборудование и получена опытная партия медицинских изделий (Акт внедрения).

При проведении исследований соискателем:

- определены технологические факторы доминирующего влияния (напряжение смещения, состав газовой среды и др.) на процесс синтеза пленочных материалов на основе оксида титана, характеризующихся сильно различающимися величинами показателя потенциала коррозии: от 0,71 до 1,85 В, в жидкостях, моделирующих биологические среды;

- показано влияние условий синтеза (состав газовой среды, потенциал смещения и др.) на концентрацию растворенного окисленного азота, структуру, морфологию, коррозионную устойчивость и другие функциональные характеристики пленочных материалов на основе  $TiO_2$ , при этом доказано диффузионное выделение окисленного азота из структуры полученного пленочного материала в объем жидкостей, моделирующих биологические среды, что способствует повышению его биосовместимости.

Достоверность выдвигаемых на защиту научных положений и результатов обусловлена использованием современных физико-химических и физических методов анализа и обширным набором экспериментальных данных, полученных в ходе выполнения работы. Привлечением математического аппарата, методов математического планирования эксперимента и оценки погрешностей измерений.

В этой связи основные выводы работы не вызывают сомнения.

#### Структура диссертационной работы.

Диссертационная работа Бойцовой Е.Л. изложена на 144 страницах машинописного текста, включая список литературы из 111 наименований и приложения (Акт внедрения на 1 стр.). Во введении сформулированы цель работы, задачи исследования, изложены положения, выносимые на защиту, научная новизна работы и ее практическая значимость, обоснована достоверность полученных результатов. Диссертация содержит 39 рисунков и 17 таблиц.

В первой главе проведен критический анализ научно-технической и патентной литературы по теме исследования, обоснована актуальность цели работы и сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе представлены методы и методики получения и исследования объектов синтеза.

В третьей главе описаны полученные образцы пленочных покрытий на основе диоксида титана. Разработана методика имитационных испытаний коррозии экспериментальных образцов в модельных биологических жидкостях.

В главе 4 проведены комплексные исследования морфологии, структуры, физических и физико-химических свойств получаемых покрытий в зависимости от условий их синтеза. Выявлены экспериментальные закономерности и факторы доминирующего влияния, при этом использованы современные методы анализа, такие как: (XRD, SEM, PEM, AES и др.).

Пятая глава диссертации посвящена экспериментальным исследованиям функциональных характеристик полученных пленочных материалов на основе диоксида титана. Исследованы: коррозионная стойкость, механическая прочность шероховатость поверхности и др. Проводится комплексный анализ влияния условий синтеза на функциональные характеристики пленочных материалов на основе диоксида титана.

Результаты работы прошли широкую апробацию на международных и всероссийских научных мероприятиях и опубликованы в 25 научных публикациях, включая 12 научных статей в журналах из списка рекомендованного ВАК РФ, одна из которых в журнале Q1, и могут найти применение в научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях химического и химико-технологического профиля при решении задач, связанных с разработкой технологий функциональных материалов для применения в медицине и медицинской технике, а так же прикладных исследований таких организаций как: ФГУП "РНЦ "Прикладная химия" (г. Санкт-Петербург), ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Курнакова» РАН (г. Москва) ООО «Русимплант» (г. Москва), ООО «Конмет» (г. Москва), ЗАО «Стентоник» и др.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Высоко оценивая фундаментальную и прикладную значимость работы, тем не менее, по тексту работы возникает ряд **вопросов и замечаний**:

- в главе 2 диссертации (стр. 60), где приводится описание условий осаждения, недостаточно подробно описан режим отрицательного потенциала смещения. Какой тип смещения? Отсутствуют данные, касающиеся формы и параметров напряжения смещения;

- из текста главы 2, не ясно, каким методом автор осуществлял процесс оптимизации технологических параметров синтеза, что было выбрано в качестве критериев оптимальности и варьирующих параметров?

- чем обусловлен выбор столь разнообразных подложек - использовались пластины из различных марок нержавеющей стали марки медицинского назначения, из технически чистого титана, а также монокристаллы кремния, бромида калия и хлорида натрия.

В целом, текст автореферата и диссертации Бойцовой Е.Л. написаны достаточно ясным языком, материал изложен в логической последовательности, а приведенные замечания не снижают общего благоприятного впечатления.

Диссертация Бойцовой Е.Л. является законченной научно-квалификационной работой и в полной мере соответствует паспорту специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов, поскольку посвящена разработке физико-химических основ синтеза функциональных пленочных материалов на основе редкого элемента – титана и производства изделий из них (п. 9 формулы «Физико-химические основы синтеза материалов на основе редких металлов и производства изделий из них»).

В целом, диссертационная работа Бойцовой Е.Л. «Синтез и свойства покрытий на основе титана, осажденных в плазме магнетронного разряда», соответствует требованиям п.8, п.9, п.10 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (приказ №93/од ректора от 06.12.2018), а ее автор – Бойцова Елена Львовна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Зав. Лабораторией химических технологий

Научного управления Томского государственного  
университета, доктор химических наук (05.17.02; 02.00.04),  
доцент (05.17.02)

Виктор Иванович Сачков

30.11.2020

Подпись д.х.н., доцента В.И. Сачкова удостоверяю,

Ученый секретарь НИ ТГУ, к. г.-м. н.

Н.А. Сазонтова

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»,  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, (3822) 529-852,  
www.tsu.ru, rector@tsu.ru