

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XII Международной конференция студентов и молодых ученых

21–24 апреля 2015 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XII International Conference of students and young scientists

21–24 April, 2015

Томск 2015

УДК 50(063)
ББК 20л0
П27

Перспективы развития фундаментальных наук [Электронный П27 ресурс] : сборник трудов XII Международной конференция студентов и молодых ученых (Томск, 21–24 апреля 2015 г.) / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 1556 с.

ISBN 978-5-4387-0560-4

Сборник содержит труды участников XII Международной конференции студентов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». Включает доклады студентов и молодых ученых, представленные на секциях «Физика», «Химия», «Математика», «Биология и медицина», «Наноматериалы и нанотехнологии», «Технология», «Конкурс архитектурных работ», «IT-технологии и электроника».

Предназначен для студентов, аспирантов, молодых ученых, преподавателей в области естественных наук и высшей математики.

УДК 50(063)
ББК 20л0

Редакционная коллегия

И.А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент ТПУ.
Г.А. Воронова, кандидат химических наук, доцент ТПУ.
С.А. Поробова, инженер ТГАСУ.

ISBN 978-5-4387-0560-4

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ,
электронный текст, 2015

**СВОЙСВА БИОАКТИВНЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-CaO}$,
ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ**

Е.С.Лютова, Л.Н.Спивакова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Л.П.Борило

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г.Томск, пр.Ленина, 36, 634050

E-mail: katvaivanova@sibmail.com

**PROPERTIES BIOACTIVE THIN FILMS ON THE BASIS OF THE SYSTEM $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-CaO}$
OBTAINED BY THE SOL-GEL METHOD**

E.S.Lyutova, L.N.Spivakova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. L.P.Borilo

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: katvaivanova@sibmail.com

***Annotation.** Formation of the oxide film is the result of physical and chemical processes during its thermal processing. At the same time can cause some areas to ensure subsequent crystallization pyrophosphate $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, SiP_2O_7 , SiO_2 and a small amount of wollastonite CaSiO_3 , hlorapatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$. As a result, the material surface is formed on a pronounced relief. On the oxidized titanium surface protrusions occupy most 2 mkm and a maximum height of 6 mkm at a deposition film on a surface of a proportion of the projections 2 mkm halved. Thus, the sol-gel coating morphology changes oxidized titanium surface. After placing the samples in SBF solution increases weight and 8 % in 28 days and the increase of calcium and phosphorus on the surface of the material. Formed hlorapatit, calcium pyrophosphate, GA. The amorphous phase up to 75 %. The sol-gel film derived from the system $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-CaO}$ deposited on the oxidized titanium surface, increase the chemical activity of the material causes the appearance of its bioactive properties, which is confirmed in the solution after exposure SBF.*

В последние годы все чаще используют золь-гель метод получения биоматериалов [1]. При этом показано, что применение золь-гель метода для синтеза материалов в оксидных системах позволяет расширить границы зоны стеклообразования и, соответственно, диапазон систем для практического применения. Метод позволяет получить стеклообразные материалы высокой чистоты и однородности, так как обеспечивает распределение компонентов на молекулярном уровне и позволяет более надежно выдержать заданный состав стекла, а также получить материал при более низких температурах.

Биосовместимость материала определяется его химическим сродством с костной тканью. Биосовместимость титановых имплантатов повышают путем формирования на поверхности оксидных покрытий. Введение в состав покрытия оксидов кальция и фосфора повышает не только биосовместимость материалов, но и их биоактивность [1].

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

Считается, что ключевым элементом, который обеспечивает высокую биоактивность указанных материалов, является кремний. Гидролиз биоматериала в межклеточной жидкости приводит к образованию тонкого желеобразного слоя (геля) кремневой кислоты на поверхности [2].

В целях повышения биохимической активности материала предпринята попытка модифицирования оксидной поверхности титана нанесением кремнийсодержащей кальцийфосфатной наноструктурированной пленки. Перспективные тонкопленочные покрытия получены из полидисперсных пленкообразующих растворов на основе тетраэтоксисилана, ортофосфорной кислоты при содержании оксида кремния в систему более 50 масс. % и отношении Ca/P близком к биологическому [1]. Фазовый состав синтезированных пленок устанавливали на дифрактометре ДРОН-3М при использовании характеристического излучения медного анода CuK_α ($\lambda = 1,5418$ нм). Морфологию пленки изучали с использованием бесконтактного 3D-профилометра MICRO MEASURE 3D station, французской фирмы STIL, адгезионные свойства поверхности образцов определяли с помощью измерительной установки CSEM Micro Scratch Tester. Для сравнительной оценки биоактивности покрытий использована методика с применением моделирующей жидкости тела (SBF) [3], согласно которой образцы выдерживались в SBF в течении 14 и 28 суток при поддержании температуры раствора 37 ± 5 °C и pH около 7,4. После извлечения образцы обмывались, высушивались в эксикаторе без нагревания и взвешивались. Рассчитывалась величина привеса, $\Delta m/S_{\text{пов. образца}}$ в мг/мм². Осажденный слой исследовался методами сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа.

Формирование оксидной системы пленки происходит в результате физико-химических процессов при ее термической обработке. При этом образуются области, обеспечивающие последующую кристаллизацию пирофосфатов $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, SiP_2O_7 , SiO_2 и небольшого количества волластонита CaSiO_3 , хлорапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$. Это приводит к структурированию пленки и образованию рельефной поверхности. Объем и площадь выступов для оксидированной поверхности титана (ОПТ) больше на 10 %, чем для оксидированной поверхности титана с золь-гель покрытием время созревания раствора 7 сут. (ОПТ+ЗГ7), но меньше на 12 %, чем для оксидированной поверхности титана с золь-гель покрытием время созревания раствора 2 сут. (ОПТ+ЗГ2).

Для оксидированной поверхности титана большую часть занимают выступы более 2 мкм и максимальная высота 6 мкм, при нанесении пленки на ОПТ доля выступов более 2 мкм уменьшается в два раза. Таким образом, золь-гель покрытие изменяет морфологию оксидированной поверхности титана. Оксидированная поверхность титана имеет ярко выраженный массив выступов, при нанесении золь-гель покрытия происходит дополнение рельефа структурированной золь-гель пленкой. Можно говорить об усилении рельефа оксидированной поверхности титана при нанесении золь-гель пленки.

Адгезия пленок к оксидированной поверхности титана характеризуется высокой критической нагрузкой при отрыве пленки в скрэтч-тесте (1,5 Н) и силой трения (0,29 Н). Адгезия оксидного покрытия увеличивается при нанесении на него золь-гель пленки – критическая нагрузка увеличивается в 1,4 раза (2,3 Н), сила трения в 2 раза (0,6 Н).

Оксидированные образцы титана и с нанесением золь-гель покрытием выдерживали в растворе SBF в течении 14 и 28 суток. Микроснимки до и после выдержки в растворе SBF представлены на рис. 1. При

этом окисдированная поверхность титана образуется аморфный осадок, увеличение массы не превышает 4 % за 28 суток.

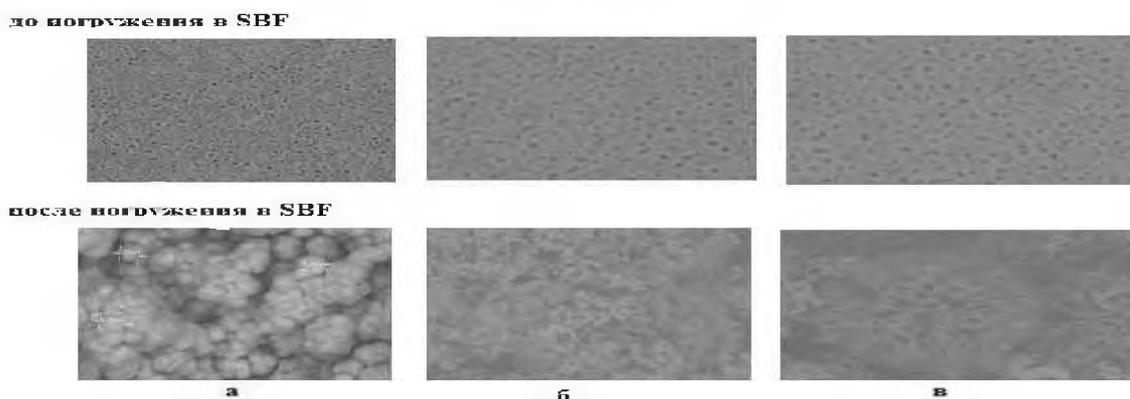


Рис.1. Микрофотографии поверхности пленки на окисдированной поверхности титана, где: а – окисдированная поверхность титана (ОИТ); б – окисдированная поверхность титана с золь-гель покрытием, время созревания ПОР 2 сут. (ОИТ+ЗГ2); в – окисдированная поверхность титана с золь-гель покрытием, время созревания ПОР 7 сут. (ОИТ+ЗГ7)

На окисдированной поверхности с золь-гель покрытием кристаллический осадок образуется за 14 суток. Увеличение массы за 28 суток составило 8 %.

С увеличением времени выдержки образцов в растворе SBF увеличивается содержание кальция и фосфора на поверхности материала. Образуется хлорapatит, пирофосфат кальция, ГА. Аморфная фаза составляет до 75 %.

Как показано Л. Хенчем, К Карлссоном, др. [4], такой материал интенсивно обменивается ионами кальция и фосфат-ионами с раствором, силанольные группы связывают ионы кальция, способствуя формированию слоя аморфных фосфатов кальция, постепенно кристаллизующихся в ГА и другие фосфаты кальция.

Золь-гель пленки, полученные на основе системы $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-CaO}$, нанесенные на окисдированную поверхность титана, повышают химическую активность материала, обуславливают появление у нее биоактивных свойств, что подтверждается после выдержки в растворе SBF.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№_{зосрегистрации} 114051370021) Минобрнауки РФ по проекту № 1432.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вересов А.Г., Путляев В.И., Третьяков Ю.Д. Химия неорганических биоматериалов на основе фосфатов кальция. // Рос. Хим. Ж. – 2004. – Т. XLVIII. – № 4. – С. 52–64.
2. Surmenev R.A. Surmeneva M.A., Ivanova A.A. Significance of calcium phosphate coatings for the enhancement of new bone osteogenesis – A review // Acta Biomaterialia. – 2014. – Vol.10 – P. 557–559.
3. Kokubo T., Kushitani H., Sakka S. Solutions able to reproduce in vivo surface – structure changes in bioactive glass – ceramic. Biomaterials. – 1990. – V. 24. – P. 721–734.
4. Larry L. Hench. Bioceramics: From Concept to Clinic.// Journal of the American Ceramic Society. – 1991. – Vol. 74, – No. 7 – P. 1487–1510.