

Свойства биоматериалов на основе нанокompозита пористый кремний + гидроксиапатит

М.А. Асташов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. В современной науке существует большой спрос на современные материалы и наноматериалы, которые открывают новые возможности в том числе в медицине. Биоматериалы — искусственные материалы, созданные для замены или улучшения работы определенных участков организма. Они должны иметь определенные свойства для каждой области применения, но все они должны быть биосовместимыми и, в ряде случаев, биodeградируемыми. Одним из самых доступных и подходящих материалов для некоторых областей медицины является кремний, а именно пористый кремний (ПК).

Цель — исследование свойств нанокompозита пористого кремния + гидроксиапатит как материала для применения в остеопластике.

Методы. Для образования пористого слоя на пластинах монокристаллического кремния КДФ с дырочной проводимостью был применен метод электрохимического травления в растворе $\text{HF:H}_2\text{O:C}_2\text{H}_5\text{OH}$ [1]. Время травления 5, 15, 25 мин. Плотность тока составляла 10 mA/cm^2 . Толщину пористого слоя и размеры пор определяли методом растровой электронной микроскопии на аппарате «Tescan Vega SB». Насыщение образцов гидроксиапатитом происходило путем приготовления водной суспензии. Создание водной суспензии ПК + ГАП выполнено методом лазерной абляции [2]. Наличие гидроксиапатита в образцах определяли методом энергодисперсионного анализа [3].

Результаты. Толщина пористого слоя составила 10–12 мкм, пористость составила 24–36 %. При РЭМ-исследовании образца, время травления которого составило 25 мин, было обнаружено подобие упорядоченной структуры, внутри которой были выявлены поры. Предполагаемая гипотеза: данная структура образует «второй порядок пористого слоя» (рис. 1).

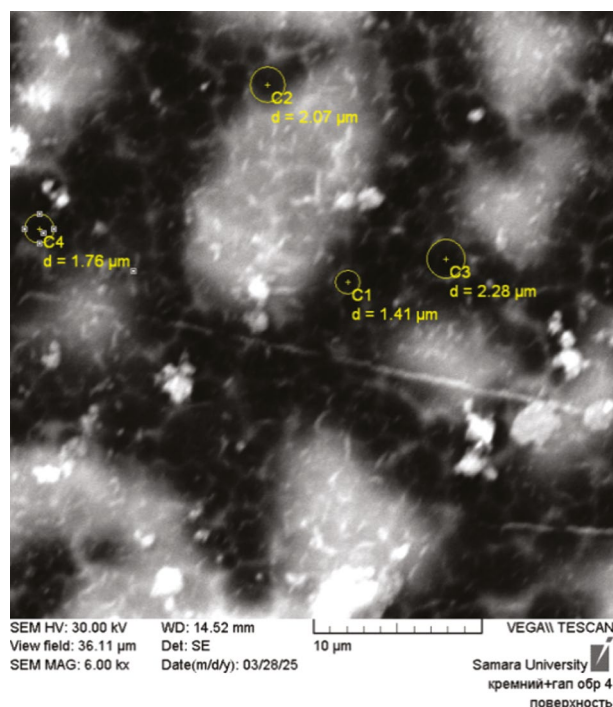


Рис. 1. Второй порядок пористого слоя

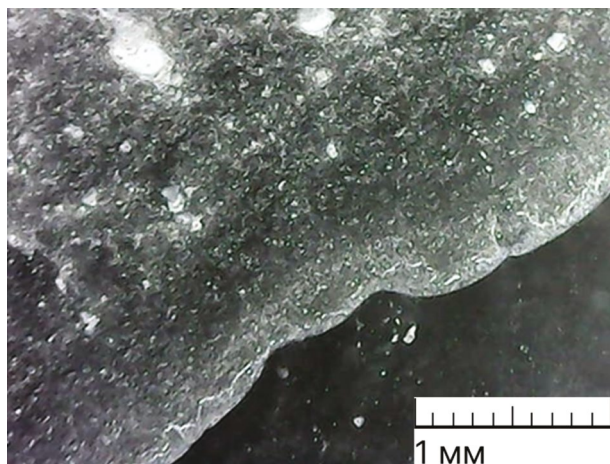


Рис. 2. Осадок, полученный сразу после создания суспензии

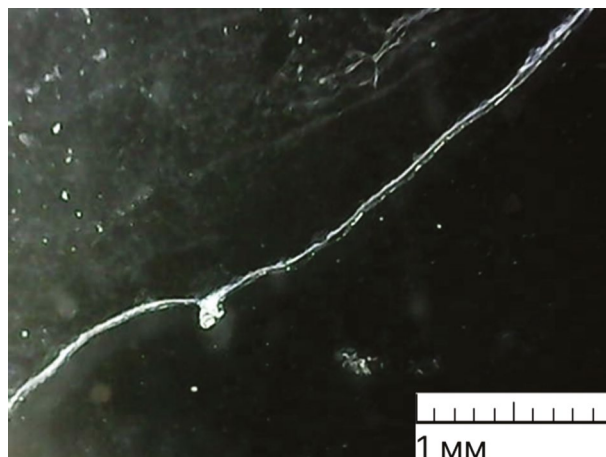


Рис. 3. Осадок, полученный после недельной выдержки суспензии

Время травления, равное 25 мин вероятнее всего, является предельным, т. к. выявлены участки, на которых пористый кремний отслоился и остался монокристаллический кремний со следами травления.

Элементный анализ показал, что гидроксиапатит попал в поры и осел.

Методом лазерной абляции в воде была получена водная суспензия ПК + ГАП, которая наносилась на предметные стекла и подвергалась сушке. При помощи оптического микроскопа было выяснено, что в свежеприготовленной суспензии концентрация ПК + ГАП выше, чем в суспензии, выстоянной неделю (рис. 2, 3).

Выводы. Пористый слой представляет собой набор частично упорядоченных канавок, образующих подобие регулярной структуры. При достаточно длительном времени травления образуется «второй порядок пористого слоя». С течением времени нанокомпозит ПК + ГАП в водной суспензии растворяется. Наиболее перспективной для использования в остеопластике является свежеприготовленная суспензия.

Ключевые слова: пористый кремний; гидроксиапатит; остеопластика; лазерная абляция; второй порядок пористого слоя.

Список литературы

1. Суюндукова Д.Р. Физико-химические свойства биоматериала для остеопластики на основе пористого кремния. Самара: Самарский университет, 2018. 39 с.
2. Смирнов Н.А., Кудряшов С.И., Данилов П.А., и др. Одноимпульсная абляция кремния ультракороткими лазерными импульсами варьируемой длительности в воздухе и воде // Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики. 2018. Т. 108, № 5–6. С. 393–398. doi: 10.1134/S0370274X18180054 EDN: YAEHRZ
3. Ксенофонтова О.И., Васин А.В., Егоров В.В., и др. Пористый кремний и его применение в биологии и медицине // Журнал технической физики. 2014. Т. 84, № 1. С. 67–78. EDN: RYJATZ

Сведения об авторе:

Максим Анатольевич Асташов — студент, группа 4402-030302D, физический факультет; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: m4st4shovx@gmail.com

Сведения о научном руководителе:

Сергей Александрович Нефедов — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твердого тела; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: nef2705@yandex.ru