

Рис. 1. а) Фрагмент графеновой плоскости с азотом замещения (красный), пиридиновым (зеленый) и пиррольным (синий); б) Азотированный графен с присоединенной ОН-группой

$$C_Q(V) = \frac{1}{mV} \int_0^V eD(E_F - eV)dV.$$

Здесь m – масса образца, e – заряд электрона, V – смещение, рассчитываемое как изменение уровня Ферми при изменении заряда объекта, E_F – уровень Ферми [3].

Проведенный расчет $C_Q(V)$ показал, что квантовая емкость графена с азотом и присоединенной ОН-группой выше, чем в бездефектном материале. При этом, кривые $C_Q(V)$ ассиметричны

относительно $V = 0$ для всех исследуемых образцов. Обнаруженные особенности поведения $C_Q(V)$ качественно совпадают с экспериментально измеренной в [4] квантовой емкостью дефектного графена, и в будущем внесут вклад в объяснение полной электроемкости азотированного графена.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2022-0002.

Список литературы

1. Xu Q., Yang G., Fan X., Zheng W. // *ACS Omega*, 2019. – V. 4. – № 8. – P. 13209–13217.
2. Korusenko P. M., Nesov S. N., Iurchenkova A. A. [et al.] // *Nanomaterials*, 2021. – V. 11. – № 9. – P. 1–19.
3. Shunaev V. V., Ushakov A. V., Glukhova O. E // *Int. J. Quantum Chem.*, 2020. – V. 120. – № 9. – P. e26165.
4. Xia J., Chen F., Li J., Tao N. // *Nature Nanotechnology*, 2009. – V. 4. – № 8. – P. 505–509.

МОДИФИКАЦИЯ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АДГЕЗИИ КЛЕТОК

Е. И. Сенькина, А. С. Буюков, А. С. Ложкомоев
Научный руководитель – к.ф.-м.н. А. С. Буюков

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, elena.senkina.1995@mail.ru

В области тканевой инженерии и регенеративной медицины большое значение имеют исследования клеточной адгезии, а также всестороннее понимание взаимодействия клеток с субстратом [1]. Некоторые материалы, используемые в имплантологии, имеют ограниченное использование в связи с низкими адгезивными свойствами, например, циркониевая керамика. Обладая высокими физико-механическими характеристиками, стойкостью к изнашиванию и биосовместимостью керамика на сегодняшний день используется в основном лишь в стоматологии и для замены суставов. Варьирование прочности и увеличение адгезивных свойств бу-

дет способствовать расширению спектра применения керамических имплантатов.

В данной работе продемонстрирована модификация пористой циркониевой керамики нанолитовыми структурами бемита для улучшения адгезии клеток. Были получены макропористые компакты диаметром 10 мм, толщиной 5 мм. В качестве исходного сырья использован порошок $ZrO_2 + 3 \text{ мол. \% } Y_2O_3$ (Tosoh, Япония), а также частицы канифоли неправильной формы (irr – irregular) размером 400 мкм и частицы сверхвысокомолекулярного полиэтилена (sph – spherical) сферической формы размером 60, 150 и 300 мкм – в качестве порообразователей. Содержание

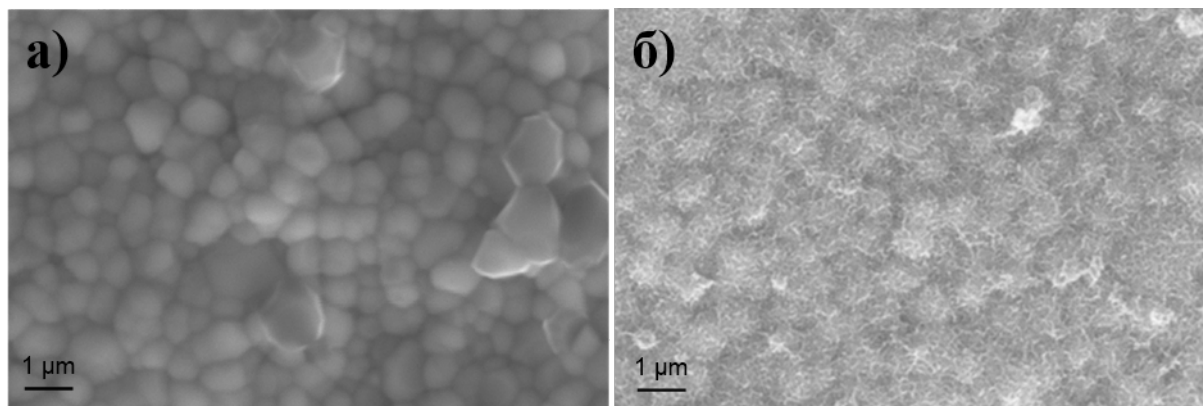
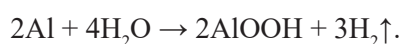


Рис. 1. СЭМ изображения керамики до а) и после б) модификации

порообразующих частиц составляло 50 об. % от общего объема смеси. Удаление порообразующих частиц осуществлялось путем отжига компактов в воздушной печи при температуре 1100 °С, спекание – при температуре 1500 °С.

Модификацию макропористой керамики осуществляли путем пропитки образцов 1 масс. % суспензией нанопорошка Al в этиловом спирте и последующим окислением водой закрепившихся наночастиц при температуре 60 °С по реакции:



До и после модификации на керамику высаживали клеточную культуру для определения качества адгезии. В качестве контроля выступали пустые лунки 24-луночного планшета. В исследовании использовали фибробласты мыши линии 3Т3. Культивирование проходило 24 часа в полной питательной среде DMEM/F-12 в инкубаторе Sanyo MCO-5AC (Sanyo, Япония) с температурой 37 °С и с подачей 5 % CO₂. Далее определяли оптическую плотность на планшетном фотометре Multiscan FC (Termo Scientific, Германия).

На рисунке 1 представлены СЭМ изображения керамики до и после образования нанолитовых структур бемита. Видно, что после модификации прежде гладкие зерна обрели «шершавость».

Список литературы

1. Cai, S., Wu, C., Yang, W., Liang, W., Yu, H., & Liu, L. (2020). Recent advance in surface modification for regulating cell adhesion and behaviors. *Nanotechnology Reviews*, 9 (1), 971–989.

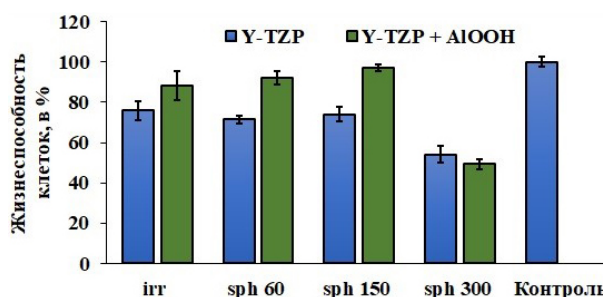


Рис. 2. Жизнеспособность клеток линии 3Т3, инкубированных на поверхности циркониевой керамики до и после модификации

Было установлено, что после модификации пористой керамики на ее поверхности адгезируется больше клеток на 10–20 %. В случае с sph 300 результаты были противоположными, модификация снизила адгезивные свойства керамики. Это может быть связано с большей впитывающей способностью sph 300, из-за которой клетки адгезируются во внутренне пористое пространство, где их жизнеспособность ниже, чем на поверхности образцов.

Работы выполнены в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2022-0002 и Плана НИР Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра на 2020–2022 г., тема Эколан М-1.9.