

## Список литературы

1. Xu M.-L., Gao Y., Han X.-X., Zhao B. // *Foods*, 2022. – V. 11 (14). – № 2097.
2. Xie X., Pu H., Sun D.-W. // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018. – V. 58 (16). – P. 2800–2813.
3. Serebrennikova K. V., Berlina A. N., Sotnikov D. V., Zherdev A. V., Dzantiev B. B. // *Biosensors*, 2021. – V. 11 (12). – № 512.
4. Zhang D., Pu H., Huang L., Sun D.-W. // *Trends in Food Science & Technology*, 2021. – V. 109. – P. 690–701.

## КРИТЕРИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Х. Си, О. С. Толкачев, Ц. Ху, Ц. Ли

Научный руководитель – д.ф.-м.н, профессор Э. С. Двилис

Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, hnhhuey1@tpu.ru

Поликристаллический тетрагональный диоксида циркония, стабилизированный иттрием (Y-TZP), в последние годы все чаще используются в качестве стоматологического реставрационного материала, поскольку они обладают превосходными механическими свойствами, стойкостью к разрушению, а также биосовместимостью [1]. Единственным недостатком Y-TZP является то, что данная керамика подвержена деградации механических свойств. Деградация наиболее интенсивно протекает во влажной среде и повышенной температуре.

Целью настоящей работы является изучение гидротермической стойкости керамики на основе Y-TZP.

В качестве материала исследований использовали порошок марки TZ-3YS (Tosoh). Цилиндрические образцы диаметром 14 мм после одноосного прессования при 75 МПа спекали на воздухе при 1450 °С, в течении 1 ч, 2 ч, 3 ч, 4 ч, 5 ч, 6 ч, скорость изменения температуры 200 °С/ч. Для расчета плотности образцов использовали результаты гидростатического взвешивания,

за теоретическое значение плотности для TZ-3YS приняли 6,05 г/см<sup>3</sup>. Изучение фазового состава проводили методами РФА на полированной поверхности спеченных образцов с помощью дифрактометра Shimadzu XRD-7000S.

Плотность спеченных образцов находится в диапазоне от 91 до 98 %. При уточнении результатов РФА методом Ритвельда проводили по методике, описанной в [2]. На рисунке 1 представлена зависимость *c/a* основной фазы, содержание которой составляет около 70 %. Увеличение выдержки при спекании сопровождается увеличением *c/a* от 1,0150 до 1,0159 для 1 и 6 ч., соответственно.

На рисунке 2 представлены результаты ускоренного старения керамики Y-TZP в водяном паре при 134 °С и давлении 0,2 МПа. После 5 ч. ускоренного старения Y-TZP содержание образовавшейся моноклинной фазы уменьшается по мере увеличения плотности образцов для образцов спеченных с выдержкой от 1 до 4 ч. Однако, при увеличении времени старения до 10 ч., наблюдается интенсивный рост содержа-

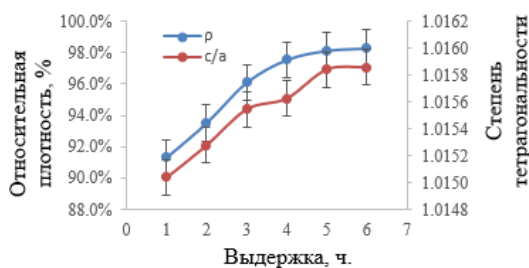


Рис. 1. Относительная плотность и степень тетрагональности основной фазы *c/a* Y-TZP в зависимости от выдержки при изотермическом спекании

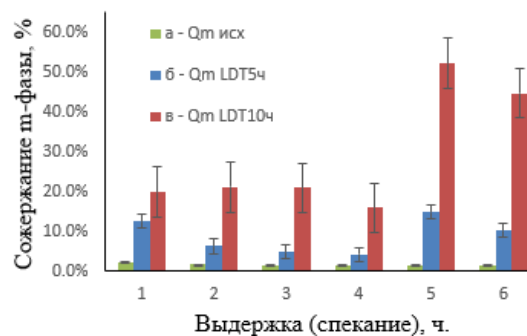


Рис. 2. Содержание моноклинной фазы в Y-TZP в зависимости от времени ускоренного старения: а – исходные; б – 5 ч, в – 10 ч

ния моноклинной фазы в образцах с повышенным значением  $c/a$  основной фазы.

Таким образом, на ранних этапах старения существенное влияние оказывает пористость, которая определяет площадь взаимодействующей поверхности Y-TZP с водяным паром. При увеличении продолжительности старения опреде-

ляющим критерием образования моноклинной фазы становится  $c/a$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № FSWW-2023-0011 государственного задания «Наука» России. Настоящее исследование выполнено на оборудовании ЦКП НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

### Список литературы

1. Özkurt Z., Kazazoğlu E. // *J Prosthodont*, 2010. – V. 19. – № 1. – P. 64–68.
2. Толкачёв О. С., Двилис Э. С., Алишин Т. Р., Хасанов О. Л., Михеев Д. А., Чжан Ц. // *Письма о материалах*, 2020. – Т. 10. – № 4. – С. 416–421.

## ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПЛЕНОК $\text{SnO}_2\text{--CeO}_2$

Д. М. Скрылева, О. С. Халипова, С. А. Кузнецова  
Научный руководитель – к.т.н., доцент О. С. Халипова

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
634050, ScrDasha@yandex.ru

Одной из экологических проблем всего человечества является постоянное уменьшение количества чистой природной воды. Перспективной технологией очистки воды является фотокатализ. В реакциях разложения органических красителей высокую активность проявляют порошковые фотокатализаторы на основе оксидов  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SnO}_2$ . Однако, ввиду большого значения ширины запрещенной зоны данных материалов, процессы фотокатализа инициируются УФ излучением с длиной волны менее 320 нм. Именно поэтому остается актуальной задача разработки новых составов фотокатализаторов, характеризующихся меньшим значением ширины запрещенной зоны, что может позволить проводить фотокатализ под действием видимой области спектра солнечного излучения. Актуальным также является создание фотокатализаторов в виде пленок на поверхности оптически прозрачного носителя, что позволит упростить технологию очистки водных объектов, исключая проведение таких операций как центрифугирование или фильтрация, которые применяются при удалении порошковых фотокатализаторов из очищаемых растворов.

В данной работе в качестве фотокаталитически активного материала предложены пленки  $\text{SnO}_2\text{--CeO}_2$  ( $\omega(\text{CeO}_2) = 50$  масс. %). Пленки были получены методом вытягивания на квар-

цевых подложках ( $1,0 \times 2,5 \pm 0,2$  см) из пленкообразующего раствора (ПОР) на основе нитрата церия (III) и хлорида олова (IV) (0,3 моль/л) с добавкой салициловой кислоты (M:L = 1:1), разработанного нами ранее [1]. После процедуры вытягивания подложки с нанесенным ПОР сушили при 60 °С в течение 1 час и отжигали 1 час при температуре 500 °С. Термическая обработка, согласно результатам РФА, приводит к формированию из ПОР смеси оксидов церия (IV) со структурой флюорита и олова (IV) со структурой рутила [1].

Методом эллипсометрии установлено, что на кварцевых подложках формируются пленки  $\text{CeO}_2\text{--SnO}_2$  толщиной  $71,7 \pm 0,2$  нм и показателем преломления  $2,02 \pm 0,02$ . Полученные образцы характеризуются пропусканием более 72 % при длинах волн от 440 до 1000 нм, что сопоставимо с пропусканием пленок  $\text{CeO}_2$  и  $\text{SnO}_2$ , полученных в аналогичных условиях. Как видно из рисунка, для пленок  $\text{CeO}_2\text{--SnO}_2$  наблюдается увеличение поглощения в видимой области спектра по сравнению с пленкой  $\text{SnO}_2$ .

Формирование оксидной системы на основе двух полупроводниковых оксидов позволяет получать тонкопленочный материал, характеризующийся меньшим значением оптической ширины запрещенной зоны (2,5 эВ), определенной по методике, представленной в работе [2], по срав-