

## ВЛИЯНИЕ НАНОВОЛОКОН $Al_2O_3$ НА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ ПРОЗРАЧНОЙ КЕРАМИКИ $MgAl_2O_4$

Д. Е. Деулина, И. Н. Шевченко, В. Д. Пайгин  
Научный руководитель – д.т.н., профессор ОМ ИШНПТ О. Л. Хасанов  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
ded5@tpu.ru

Оптические керамические материалы на основе оксидных соединений, таких как алюмомагниева шпинель ( $MgAl_2O_4$ ; MAS) являются перспективным объектом для исследований [1]. Это обусловлено рядом их свойств: высокие оптические и механические характеристики, высокая термическая стойкость и химическая стабильность. Прозрачная MAS керамика является перспективным материалом для применения в оптическом приборостроении, аэрокосмической и лазерной технике [1, 2].

Актуальной, с позиции практического применения, является задача повышения физико-механических характеристик прозрачной MAS керамики. Решить указанную задачу возможно при помощи армирующих добавок. В работах [3] для этих целей использовали нитрид кремния. На наш взгляд, перспективной армирующей добавкой являются волокна оксида алюминия [4].

В данной работе проведено электроимпульсное плазменное спекание MAS-керамики и изучено влияние добавки нановолокон оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) на процесс консолидации при спекании.

Для изготовления керамики были использованы: коммерческий нанопорошок MAS (Baikowski, Франция) и коммерческие нановолокна  $Al_2O_3$  (OCSiAl, Люксембург). Изготовление керамики проводили методом электроимпульсного плазменного спекания (ЭИПС).

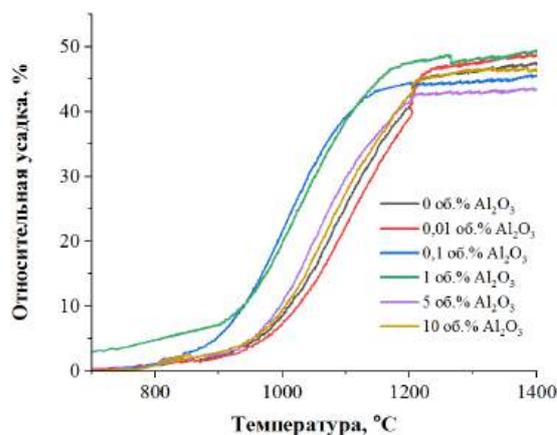
На рисунке 1 представлена закономерность уплотнения исследуемого материала на основе MAS, в процессе электроимпульсного плазменного спекания, максимальная температура которого составила 1400 °С.

Для образца без добавки нановолокон  $Al_2O_3$  в диапазоне температур от 600 до 850 °С на начальном этапе нагрева процессы усадки протекают с низкой интенсивностью. В диапазоне температур от 1000 до 1200 °С интенсивность процессов усадки возрастает. При достижении температуры 1400 °С и на стадии изотермиче-

ской выдержки интенсивность процессов усадки замедляется.

Добавка нановолокон  $Al_2O_3$  в количестве 0,01 об. % не оказывает значительного влияния на процесс интенсивной усадки. Исследование интервалов температур интенсивной усадки показало, что приведенные значения не выходят за пределы погрешности измерения метода. Содержание нановолокон оксида алюминия от 0,1 до 10 об. % способствует снижению температур интенсивной усадки (таблица 1).

В таблице 1 представлены значения относительной усадки на момент изотермической вы-



**Рис. 1.** Динамика относительной усадки образцов в процессе электроимпульсного плазменного спекания

**Таблица 1.** Значения относительной усадки на момент изотермической выдержки и относительной плотности

Содержание $Al_2O_3$ , об. %	Диапазоне температур интенсивной усадки, °С	Относительная усадка, %	$\rho_{отн}$ , %
0	1000–1200	47,5	96,5
0,01	1010–1204	48,5	96,6
0,1	925–1145	45,4	96,1
1	915–1170	49,3	98,3
5	966–1200	43,2	98,1
10	970–1203	46,4	98,7

держки при температуре 1400 °С и относительная плотность полученных образцов.

В работе изучено влияние нановолокон оксида алюминия на процесс ЭИПС MAS-керамики. Установлено, что добавление 1 об. % нановолокон позволяет интенсифицировать процесс

усадки и увеличить значение относительной усадки после остывания на 2,5 % по сравнению с образцом без добавления нановолокон  $Al_2O_3$ .

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 23-73-01241 на оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ.

### Список литературы

1. Shi Z. et al. // *Mater. Des.* – 2020. – V. 193. – P. 108858.
2. Kato T. et al. // *Opt. Mater.* – 2020. – V. 106. – P. 110028.
3. Nassajpour-Esfahani A.H. et al. // *J. Alloys Compd.* – 2020. – V. 830. – P. 154588.
4. Толкачев О.С. и др. // *Конструкции из композиционных материалов.* – 2019. – Т. 155. – С. 30–36.

## КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ

Е. М. Догадина, М. И. Фаткуллин, К. С. Бразовский,  
Е. В. Плотников, Е. С. Шеремет, Р. Д. Родригес  
Научный руководитель – PhD, профессор Р. Д. Родригес

НИИ ТПУ

63405, Россия, г. Томск, проспект Ленина, д. 30  
elizavetadogadina@gmail.com

Лечение нейродегенеративных заболеваний, хронической боли или восстановление функций органов может становится более успешным с началом использования нейроинтерфейсов [1]. Нейронный интерфейс представляет собой систему, которая способна считывать и записывать сигналы от нервной системы и электрически стимулировать заданные области. Для успешной работы такой системы необходимо создать механически и электрохимически стабильные электроды, которые не вызывают воспалительных реакций [2]. Анализ современных исследований в этой области указывает на то, что использование восстановленного оксида графена (вОГ) в качестве материала для нейроинтерфейсов обещает быть перспективным, поскольку он обладает необходимыми характеристиками, такими как хорошая проводимость, электрохимическая и импульсная стабильность и механической прочность [3, 4].

В ходе исследования были созданы и изучены гибкие биоэлектроды, на основе вОГ, интегрированного лазером в полимерную подложку из полиэтилентерефталата (ПЭТ) для нейроинтерфейсов. Эти биоэлектроды прошли тести-

рование на электрохимическую стабильность в растворе, имитирующем физиологическую среду человеческого организма. Успешный эксперимент по электрической стимуляции нейробластом человека подтвердил возможность использования электродов из вОГ в качестве нейроинтерфейсов. Эти электроды также могут быть применены для регистрации сигналов с клеток.

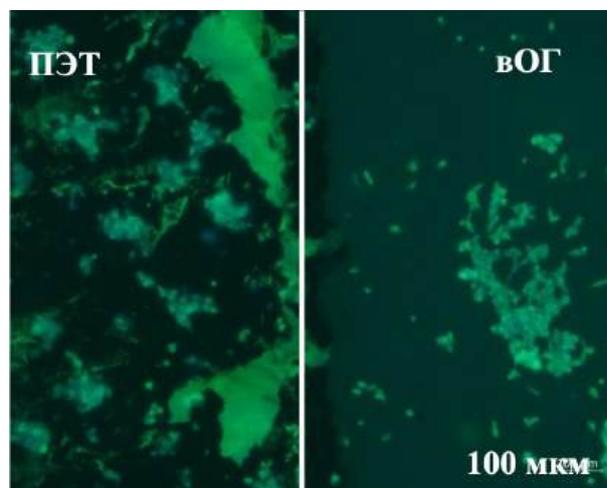


Рис. 1. Колонии клеток-нейробластов на границе ПЭТ/вОГ