

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
СВЕТОПРОПУСКАЮЩЕЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ Al_2O_3 МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ**

Шуацун Кун, В.Д. Пайгин, С.А. Степанов

Научный руководитель: профессор, д.т.н., О.Л. Хасанов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: shuancyun@mail.ru

**INFLUENCE OF THE SINTERING TEMPERATURE ON THE OPTICAL PROPERTIES
OF TRANSLUCENT CERAMICS BASED ON Al_2O_3 BY SPARK PLASMA SINTERING**

Shuangqiong Kong, V.D. Paygin, S.A. Stepanov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. O.L. Khasanov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: shuancyun@mail.ru

***Abstract.** Translucent ceramics based on Al_2O_3 were synthesized by spark plasma sintering at different temperatures (1200 – 1600 °C). Optical properties of sintered ceramic samples were investigated. The influence of the sintering temperature on density and optical properties of sintered ceramics has been discussed.*

Введение. На сегодняшний день прозрачная керамика на основе оксида алюминия вызывает интерес в мире и широко используется в различных областях науки и техники. Оксид алюминия обладает высокими физико-механическими свойствами: высокой твердостью и трещиностойкостью, термостойкостью, является диэлектриком, а также способен пропускать электромагнитное излучение в широком диапазоне длин волн [1, 2].

Прозрачная керамика заменяет собой традиционные оптические материалы (монокристаллы и стекла), используется для производства элементов прозрачной брони и новых источников света. Эксплуатация прозрачных керамических материалов, в отличие от используемых в настоящее время стекол, возможна условиях агрессивных сред и высоких температур и давлений [3].

В настоящее время керамику на основе оксида алюминия получают различными методами, среди которых наиболее перспективным является электроимпульсное плазменное спекание (ЭИПС, с англ. Spark plasma sintering) [3-5].

В настоящей работе исследовано влияние температуры электроимпульсного плазменного спекания на светопропускание керамики на основе коммерческого $\alpha-Al_2O_3$.

Материал и методы исследования. В качестве исходного материала был использован коммерческий нанопорошок Al_2O_3 (НаноКорунд, Россия). Для перевода в α -фазу порошок отжигался на воздухе при температуре 1300 °C. Характеризацию порошкового материала, после термического отжига, осуществляли методами рентгенофазового анализ (XRD-7000, Shimadzu, Япония), лазерной дифракции (SALD-7101, Shimadzu, Япония), просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ– JEOL, JSM-7500FA, Япония) и БЭТ – (СОРБИ-М, МЕТА, Россия).

Поликристаллические образцы изготовлены на установке SPS-515S (SPS SYNTEX INC., Япония) методом электроимпульсного плазменного спекания при различных температурах (1200 - 1600 °С). На установке ЭИПС давление подпрессовки порошка в графитовой пресс-форме составлялось 100 МПа, скорость нагрева 10 °С/мин. Продолжительность изотермической выдержки на заданной температуре спекания составляла 15 минут.

В результате спекания были получены керамические образцы α -Al₂O₃ цилиндрической формы, высотой 1,79 – 2,18 мм, диаметром ~14 мм, пропускающие свет. Дальнейшие анализы проводились после механической шлифовки и полировки торцевых поверхностей образцов.

Спектры оптического пропускания керамики были получены на спектрофотометре СФ-56 БИК (ЛОМО, Россия).

Результаты и обсуждения. В результате характеристики перечисленными выше методами установлено, что исходный порошок полностью состоит из α -Al₂O₃, посторонних примесей не обнаружено, размер частиц находятся в диапазоне от 3,56 мкм до 270,61 мкм. Средний размер частиц составляет 68,98 мкм. Удельная поверхность порошка, рассчитанная по методу БЭТ, составила $9,62 \pm 0,12$ м²/г.

Результаты измерения плотности и значение светопропускания на длине волны 600 нм ($T_{\lambda=600\text{нм}}$) в зависимости от температуры спекания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние температуры ЭИПС на относительную плотность и полное пропускание

T, °С	ρ , %	Полное пропускание ($T_{\lambda=600\text{нм}}$)
1600	97,63	38,22
1500	94,17	24,42
1400	91,60	0,00
1200	86,47	0,00

Из таблицы видно, что с ростом температуры от 1200°С до 1600°С ЭИПС относительная плотность керамики повышается от 86,47 % до 97,63%. Наибольшей плотностью – 97.63% обладает образец, полученный при температуре 1600 °С.

Светопропускание у образцов изготовленных при температурах 1200 °С и 1400 °С в исследованном диапазоне длин волн практически отсутствует. Это обусловлено их низкой плотностью. На рисунке 1 представлены результаты измерения спектров полного светопропускания для образцов, изготовленных при температурах 1500 °С и 1600 °С, визуально пропускающих свет.

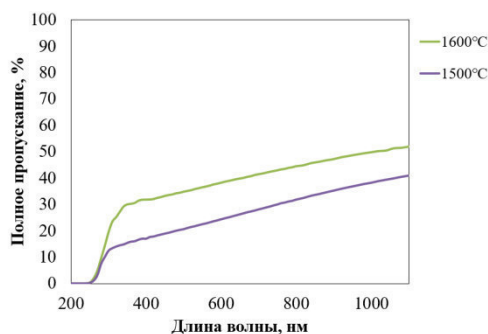


Рис. 1. Спектр полного светопропускания α -Al₂O₃-керамики, изготовленной при различных температурах спекания

Из рисунка 1 видно, что граница светопропускания керамики лежит в области 250 нм, а его значение возрастает при переходе из видимой области спектра в инфракрасную. Значение величины светопропускания керамик в видимой области спектра представлено в таблице 1. Наибольшее светопропускание наблюдается у образца, изготовленного при температуре 1600 °С.

Заключение. Изучено влияние температуры спекания на светопропускание Al_2O_3 -керамики. Установлено, что в исследованном режиме консолидации, изготовление светопропускающих образцов ($T_\lambda=600\text{нм}$) возможно при температурах 1500 – 1600 °С лежал в диапазоне 0,00% - 38,22%.

Работа выполнена на базе «Нано-Центра» Национально исследовательского Томского политехнического университета; в рамках госзадания № 5.0042.ГЗБ.2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдин М.С., Сахаров Н.В., Шотин С.В., Чувильдеев В.Н., Нохрин А.В., Котков Д.Н., Писклов А.В.. // Композиционные керамики на основе оксида алюминия, полученные методом электроимпульсного плазменного спекания для трибологических применений//Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского – 2012. – №6 (1) – С. 32-37.
2. Жолудев Д.С., Григорьев С.С., Панфилов П.Е., Зайцев Д.В.//Обоснование использования керамики на основе оксида алюминия с помощью изучения её механических свойств// Научное обозрение. Медицинские науки. – 2015. – № 1. – С. 174-175.
3. Выдрик Г. А., Соловьева Т. В., Харитонов Ф. Я.//Прозрачная керамика —М.: Энергия, 1980.— 96 с, ил 35к.
4. Benaissa, Sihem & Mohamed, Hamidouche & Kolli, M. & Fantozzi, Gilbert//Optical and mechanical characterization of transparent α -alumina fabricated by Spark Plasma Sintering//International Journal of Applied Ceramic Technology. 16. 10.1111/ijac.13109. (2018).
5. Jiang, Dongtao & Hulbert, Dustin & Anselmi-tamburini, Umberto & Ng, Terry & Land, Donald & Mukherjee, Amiya//Spark Plasma Sintering and Forming of Transparent Polycrystalline Al_2O_3 Windows and Domes// Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng.. 6545. 654509-654509. 10.1117/12.730861. (2007).