

Влияние фторида магния на светопропускание прозрачной керамики из алюмомагниевого шпинели

Ф. Хуан, Д.Е. Деулина, С. Чэнь, И.Н. Шевченко, В.Д. Пайгин

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: fuli1@tpu.ru

Effect of magnesium fluoride on light transmission of transparent magnesium aluminate spinel ceramics

F. Huang, D.E. Deulina, X. Chen, I.N. Shevchenko, V.D. Paygin

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

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

E-mail: fuli1@tpu.ru

Abstract. *In this work, we study the effect of different concentrations of magnesium fluoride as a sintering aid on the transmittance of transparent $MgAl_2O_4$ ceramics fabricated by spark plasma sintering. Transparent $MgAl_2O_4$ ceramics (with a thickness of 1,5 mm) containing 0,1 wt. % MgF_2 exhibited the high transmittance of 57,9 % at wavelength of 600 nm. Continuing increase of MgF_2 concentration resulted to decrease in-line transmittance and significant increase the light absorption.*

Key words: *magnesium fluoride; transmittance; magnesium aluminum spinel; spark plasma sintering.*

Введение

Оптически прозрачная керамика из алюмомагниевого шпинели ($AMШ$, $MgAl_2O_4$) является перспективным материалом для использования в оптическом приборостроении, сцинтилляционной технике и источниках света. $AMШ$ -керамика обладает комплексом уникальных свойств: высокими оптическими и механическими свойствами, высокой термической и химической стойкостью и относительно низким удельным весом [1, 2].

Одним из перспективных методов изготовления прозрачной $AMШ$ -керамики является электроимпульсное плазменное спекание (ЭИПС). Этот метод за короткое время позволяет получить высокоплотный материал с размером зёрен на уровне исходного порошка [3–6].

Изготовление прозрачной керамики с высоким светопропусканием методом ЭИПС сопряжено рядом проблем, среди которых актуальной является проблема потемнения керамики в процессе высокотемпературной консолидации [7].

Одним из эффективных способов, позволяющих минимизировать потемнение прозрачной керамики, является использования спекающих добавок: фторида лития (LiF) [7], оксида бора (B_2O_3) [8], фторида магния (MgF_2) [9] и др.

В настоящей работе проведено исследование влияния концентрации фторида магния на светопропускание керамики из алюмомагниевого шпинели, изготовленной методом электроимпульсного плазменного спекания.

Экспериментальная часть

Для изготовления образцов керамики использовали коммерческий нанопорошок алюмомагниевого шпинели SC30R (Baikowski Malakoff Inc., США) и лабораторный нанопорошок фторида магния, синтезированный в Институте общей физики имени А.М. Прохорова РАН.

Нанопорошки $MgAl_2O_4$ и MgF_2 смешивали при помощи шаровой мельницы по мокрому методу в течение 48 часов. Затем, полученные суспензии сушили на воздухе при

температуре 70 °С до полного испарения влаги. В результате были получены смеси порошков состава $MgAl_2O_4 - x \text{ мас. \% } MgF_2$, где $x = 0, 0,1, 0,5, 1 \text{ мас. \%}$

Электроимпульсное плазменное спекание смесей порошков проводили на установке SPS-515S (Syntex Inc, Япония) в вакууме при температуре 1300 °С в течение 15 минут под давлением статической подпрессовки 80 МПа.

Полученные образцы последовательно шлифовали и полировали при помощи полуавтоматической шлифовально-полировальной системы EcoMet 300 Pro (Buehler, Германия) с применением алмазных суспензий MetaDi (Buehler, Германия).

Спектры прямого светопропускания АМШ-керамики измеряли на двухлучевом сканирующем спектрофотометре СФ-256 УВИ (ЛОМО, Россия).

Результаты

Спектры светопропускания и поглощения АМШ-керамики с различным содержанием фторида магния представлены на рисунке 1.

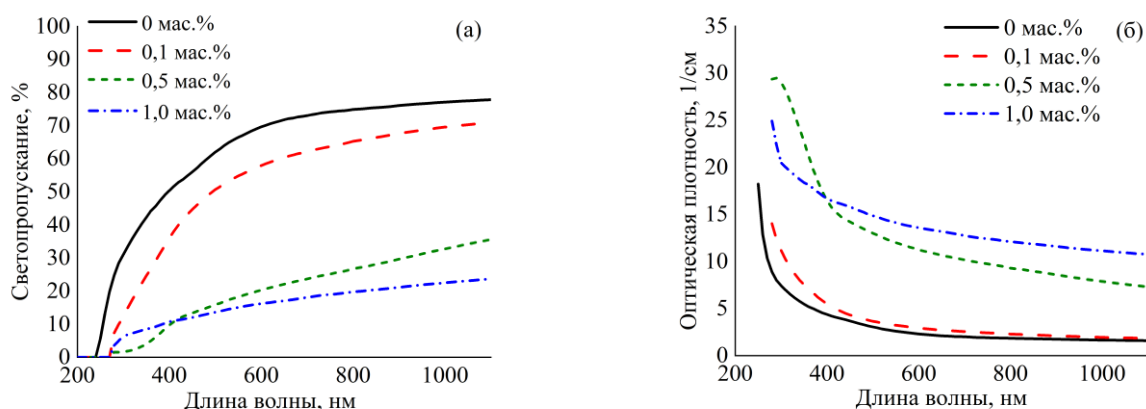


Рис. 1. Спектры светопропускания (а) и спектры поглощения (б) АМШ-керамики с различным содержанием MgF_2

Как видно из рис. 1а, левая граница светопропускания образцов лежит в области 250 нм. В видимой и ближней инфракрасной областях спектра полученная АМШ-керамика показывает высокую прозрачность. Светопропускание на длине волны 600 нм ($T_{\lambda 600}$) составляет 69,7 %. Введение фторида магния приводит к смещению левой границы в область 280 нм. С увеличением содержания фторида магния от 0,1 до 1 мас. % наблюдается уменьшение светопропускания на 12–53 %. Среди образцов с добавкой MgF_2 наибольшее светопропускание ($T_{\lambda 600} = 57,9 \%$) демонстрирует образец с содержанием 0,1 мас. %.

Оптическая плотность образцов (рис 1. б) с увеличением содержания фторида магния от 0 до 1 мас. % возрастает с 2,3 до 13,6 см^{-1} ($D_{\lambda 600}$). Введение 0,1 мас. % фторида магния приводит к небольшому увеличению поглощения света полученной АМШ-керамики до 2,9 см^{-1} на длине волны 600 нм ($D_{\lambda 600}$).

Заключение

Исследовано влияние фторида магния на оптические свойства прозрачной керамики керамик из алюмомагниевого шпинели, изготовленной методом электроимпульсного плазменного спекания. Установлено, что предельной концентрацией фторида магния, позволяющей сохранить высокое светопропускание керамики на приемлемом уровне является 0,1 мас. %.

Образцы керамика с содержанием фторида магния 0,1 мас. % характеризуются светопропусканием ($T_{\lambda 600} = 57,9 \%$) и низким поглощением света. Увеличение концентрация фторида магния до 0,5 мас. % приводит к снижению светопропускания и значительному увеличению оптической плотности.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 23-73-01241 на оборудовании ЦКП НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Список литературы

1. Rubat du Merac M., Kleebe H.J., Müller M.M. Fifty years of research and development coming to fruition; unraveling the complex interactions during processing of transparent magnesium aluminate ($MgAl_2O_4$) spinel // Journal of the American Ceramic Society. – 2013. – Vol. 96, № 11. – P. 3341–3365.
2. Ganesh I. A review on magnesium aluminate ($MgAl_2O_4$) spinel: synthesis, processing and applications // International Materials Reviews. – 2013. – Vol. 58, № 2. – P. 63–112.
3. Токкита М. Настоящее и будущее технологий спекания керамики в связи с разработкой метода электроимпульсного плазменного спекания (ЭИПС) // Российские нанотехнологии. – 2015. – Т. 10, № 3–4. – С. 80–85.
4. Ko S.Y., Lee K., Choi D.H., Yong S.M., Cheong D.I. Influence of Spark Plasma Sintering Conditions on the Optical and Mechanical Properties of Spinel // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2020. – Vol. 20, № 11. – P. 6821–6826.
5. Hoggas K., Benaissa S., Cherouana A., Bouheroum S., Assali A., Hamidouche M., Fantozzi G. Mechanical Behavior of Transparent Spinel Fabricated by Spark Plasma Sintering // Ceramics. – 2023. – Vol. 6, № 2. – P. 1191–1209.
6. Khasanov O., Dvilis E., Khasanov A., Polisadova E., Kachaev A. Optical and mechanical properties of transparent polycrystalline $MgAl_2O_4$ spinel depending on SPS conditions // Physica Status Solidi C. – 2013. – Vol. 10, № 6. – P. 918–920.
7. Hammoud H., Garnier V., Fantozzi G., Lachaud E., Tadier S. Mechanism of carbon contamination in transparent $MgAl_2O_4$ and $Y_3Al_5O_{12}$ ceramics sintered by Spark Plasma Sintering // Ceramics. – 2019. – Vol. 2, № 4. – P. 612–619.
8. Сенина М.О., Лемешев Д.О., Вершинин Д.И., Бойко А.В., Педченко М.С. Влияние концентрации B_2O_3 на свойства прозрачной керамики на основе алюмомагниевого шпинели // Неорганические материалы. – 2019. – Т. 55, № 8. – С. 898–902.
9. Honda S., Ogihara Y., Ikesue A., Aung Y.L., Hashimoto S., Iwamoto Y. Optical and mechanical properties characterizations of transparent polycrystalline $MgAl_2O_4$ spinel // Journal of Asian Ceramic Societies. – 2023. – Vol. 11 (4). – P. 451–463.