

конференции, 1-3 ноября 2016 г., Томск в 2 т. / ТПУ. – 2016. – Т. 2. – С. 225-228.

2. Б.И. Иофьев Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. – М.: Энергия, 1979. – 415 с.

Научный руководитель: Р.Б. Абеуов, к.т.н., доцент каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

ПЛАЗМЕННЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ЦИНКА И СПЕКАЮЩЕЙ КЕРАМИКИ НА ЕГО ОСНОВЕ – ДЛЯ ОПН

А.С. Крыгин

Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП, 5АМ6К

Введение

Существует проблема в электроэнергетике, такая как, защита от перенапряжения электрооборудования.

Широко известно, что оксид цинка является многообещающим материалом из-за его свойств, таких как высокая подвижность электронов, хорошая прозрачность, широкая запрещенная зона, сильная люминесценция [1].

На данный момент много способов получения оксидов цинка, для варисторов.

В данной статье будет описан метод создания керамики, для варисторов, на основе оксида цинка, на основе коаксиального магнитоплазменного ускорителя. Основными преимуществами этого способа получения порошков являются высокая скорость процесса и высокая чистота выхода синтезированного продукта с требуемой структурой и размером частиц.

Свойства оксида цинка напрямую зависят от его структуры, морфологии, соотношения сторон, размера и ориентации частиц.

Кроме того, за исключением структуры материала, важным фактором является размер частиц. Для создания керамики с высокой плотностью необходимо ввести частицы меньшей фракции в микрон или субмикронный порошок.

Изучение плотности полученной керамики показало высокую плотность до 99%.

Экспериментальная часть

В статье представлена схема и принцип работы коаксиального магнитоплазменного ускорителя с цинковыми электродами [2-3], в котором синтезирован нанодисперсный порошок оксида цинка.

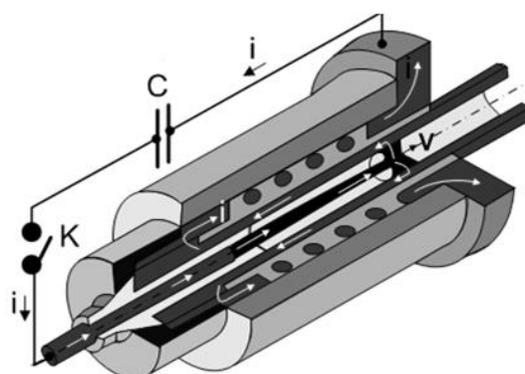


Рис. 1. Схема, устройство и принцип действия коаксиального магнитоплазменного укорителя

После сбора продукта плазмодинамического синтеза спекание проводилось на установке спекания искровой плазмы Advanced Technology SPS 10-4.

Полученные результаты

3.1. Исследование продукта динамическим методом плазмы

Экспериментально установлено, что почти чистый кристаллический оксид цинка ZnO в этих условиях образуется при объемной концентрации кислорода O₂ в газовой смеси более 80%. Об этом свидетельствует картина XRD исходного продукта, показанная на рисунке 2. Рентгеновский анализ показал близость синтезированного порошка к структурной модели ZnO пространственной группы гексагональной кристаллической системы P63mc.

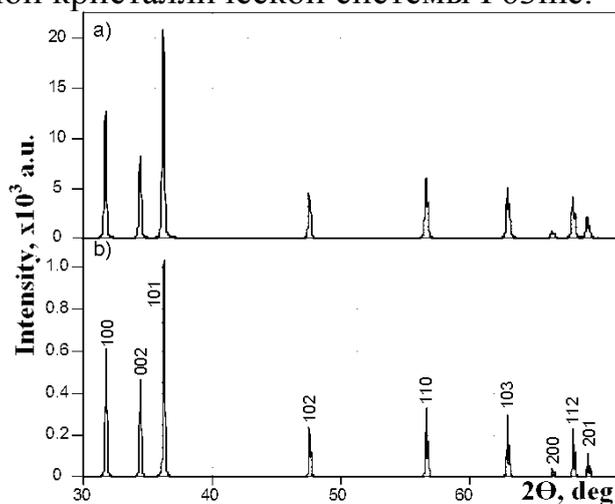


Рис. 2. Типичные рентгеновские дифрактограммы (XRD-картины) а) для продукта плазмодинамического синтеза Zn-O, б) структурная модель гексагонального оксида цинка

3.2 Исследование SPS-керамики на основе продукта плазмодинамического синтеза

Для получения качественной керамики с микронной и субмикронной структурой передовым методом искрового плазменного спекания (SPS) необходимо введение в основной микронный или субмикронный порошок более мелкой фракции в массовом количестве до 45%.

В порошках плазмодинамического синтеза это условие выполняется автоматически при равномерном распылении нанодисперсной фракции в общей

массе. При компактировании мелкая фракция заполняет пространство между более крупными частицами, обеспечивая получение высокоплотной керамики.

Измеренная гидростатическим методом плотность материала полученной прессовки составила $\rho = 4,5 \text{ г/см}^3$ (80%), что говорит о его высокой пористости. Приведенные на рисунке 6 SEM-снимки скола показывают высокую неоднородность структуры объемного материала (рисунок 6а).

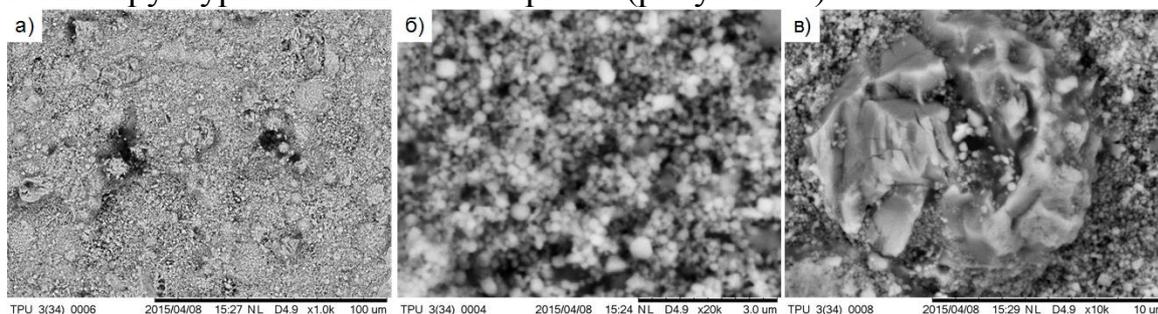


Рис. 6. SEM-снимки скола поверхности объемного материала
а) $\times 1.0\text{k}$, б) $\times 20.0\text{k}$, в) $\times 10.0\text{k}$

Анализ результатов первых экспериментов по SPS-компактированию ультрадисперсных порошков ZnO плазгодинамического синтеза показал необходимость их дезагломерации и оптимизации режима нагрева протекающего по прессовке тока. В связи с этим перед следующим экспериментом продукт плазгодинамического синтеза ZnO был подвергнут термической обработке в воздухе при температуре $200 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1 часа с последующей обработкой в шаровой мельнице (корундовый тигель и шар) при 30 минутах. Процесс SPS также проведен в графитовой прессформе при постоянном давлении 50 МПа.

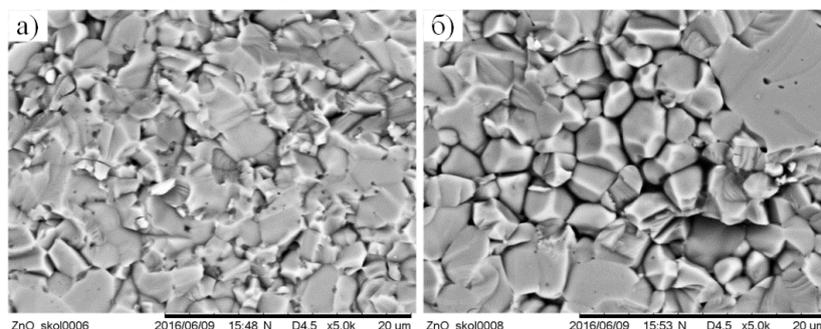


Рис. 7. SEM-снимки микроструктуры полученной SPS-керамики
а, б) поперечный скол образца

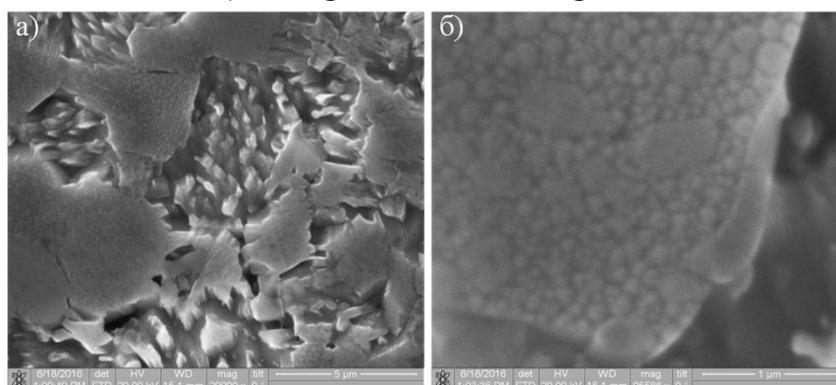


Рис. 8. SEM-снимки шлифа протравленной поверхности SPS-керамики

Заключение

В ходе проделанной работы был получен оксид цинка, на основе которого была получена керамика, что в последствие, планируется применить для варисторов, используемых как ОПН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Duong, T. T., Do, Q. N., Pham, A. T., & Nguyen, D. C. (2016). A facile nonaqueous solution approach to controlling the size of ZnO crystallites and predominant {0001} facets. *Journal of Alloys and Compounds*, 686, 854-858.
2. Sivkov, A., Pak, A., Shanenkov, I., Kolganova, Y., & Prosvirin, I. (2014). Effect of energy on plas-modynamic synthesis product in the carbon-nitrogen system. In *Advanced Materials Research* (Vol. 880, pp. 36-41). Trans Tech Publications.
3. Sivkov, A., Shanenkova, Y., Saigash, A., & Shanenkov, I. (2016). High-speed thermal plasma deposition of copper coating on aluminum surface with strong substrate adhesion and low transient resistivity. *Surface and Coatings Technology*, 292, 63-71.

Научный руководитель: А.А. Сивков, д.т.н., профессор каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА ДЛЯ ГОЛЫХ ПРОВОДНИКОВ

З.Б. Хужина, А.В. Варганова

Магнитогорский государственный технический университет

Разработана методика для расчета величины экономической плотности тока, позволяющая учитывать фактор надежности электроснабжения. Получены новые значения экономической плотности тока для сталеалюминевых проводников напряжением 35 и 110 кВ.

Ключевые слова: экономическая плотность тока, выбор сечения, сталеалюминевые провода. (Ключевые слова)

Самый выгодный вариант при выборе сечения проводников определяется по минимуму приведенных затрат. В формулу для расчета затрат включим среднегодовой ущерб из-за недоотпуска электрической энергии. Формула для расчета приведенных затрат будет выглядеть следующим образом:

$$Z = p_n \cdot K + И + У, \quad (1)$$

$$Z(F) = (a + bF) \cdot (a_a + p_n) \cdot l + 3I_{нб}^2 \cdot \frac{\rho \cdot l}{F} \cdot (\tau \cdot \beta + y_0 \cdot T_B \cdot \cos \varphi), \quad (2)$$