

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА СИНТЕЗА НА ФАЗОВУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ И МИКРОСТРУКТУРУ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Колесников Т.Н., Леонтьев Л.Д., Бастриков Р.М., Карташов В.В.

Уральский федеральный университет
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Высокоэнтропийное легирование диоксида циркония позволяет повысить конфигурационную энтропию системы ($\Delta S_{\text{conf}} \geq 1,6 R$) и достичь уникальных свойств, однако ключевым условием остается формирование однофазного гомогенного твердого раствора на всех этапах получения керамики [1]. В работе проведен сравнительный анализ твердофазного и нитрат-органического синтеза порошков ZrO_2 стабилизированных комплексом легирующих элементов (Y, Ce, Sc, Gd, Yb, Hf, Ti, Nb, Al), оценены фазовые превращения при спекании и предложена оптимизация состава для подавления примесных фаз. Выбор соотношения компонентов основан на анализе фазовых диаграмм с учетом их совместимости в кубической структуре флюорита.

Гранулометрический анализ показал, что для порошка, полученного нитрат-органическим методом, характерны следующие параметры распределения частиц по размерам: $D_{10} = 0,51$ мкм, $D_{50} = 2,30$ мкм и $D_{90} = 12,56$ мкм, тогда как для порошка после твердофазного синтеза эти значения составляют $D_{10} = 0,07$ мкм, $D_{50} = 1,09$ мкм и $D_{90} = 2,53$ мкм. Высокое значение D_{90} при нитрат-органическом методе указывает на наличие крупных конгломератов, образующихся в результате интенсивной агломерации частиц после протекания экзотермической химической реакции. Тогда как при твердофазном методе значения этих параметров гораздо ниже, что свидетельствует о получении тонкодисперсного порошка благодаря интенсивному механическому перемолу в мельнице. РФА подтвердил формирование однофазного кубического твердого раствора после синтеза обоими способами, однако высокотемпературное спекание керамики при 1650 °C привело к распаду структуры с выделением ниобатов редкоземельных элементов, идентифицированных методами РФА и СЭМ.

Таким образом, оба метода продемонстрировали свою эффективность для получения порошков высокоэнтропийного оксида циркония, однако термообработка керамики выявила присутствие примесных фаз, требующих модификации состава и дополнительного введения катионов-стабилизаторов, например Ca^{2+} и Mg^{2+} .

1. Dube T. C., Zhang J. Underpinning the relationship between synthesis and properties of high entropy ceramics: A comprehensive review on borides, carbides and oxides // Journal of the European Ceramic Society. 2024 Vol. 44, Nr 3 P. 1335–1350.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FEUZ-2026-0009)).