

# ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА И СТАРТОВОГО МАТЕРИАЛА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ФАЗОВУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ $ZrO_2$ , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА

Частицы диоксида циркония ( $ZrO_2$ ), благодаря высокой термической и химической стабильности, коррозионностойкости, механической прочности и вязкости разрушения, высокой ионной проводимости при высоких температурах и биосовместимости, является важным материалом во многих отраслях промышленности.  $ZrO_2$  при нормальном атмосферном давлении имеет три кристаллические формы: моноклинную ( $m-ZrO_2$ ) при температуре до 1170 °C; тетрагональную ( $t-ZrO_2$ ) при температуре от 1170 до 2370 °C; кубическую ( $c-ZrO_2$ ) при температуре выше 2370 °C. Несмотря на то что  $m-ZrO_2$  является наиболее стабильным при комнатной температуре именно  $t-ZrO_2$  и  $c-ZrO_2$  обладают свойствами необходимыми при производстве высокотехнологичных функциональных и конструкционных материалов.

Существует несколько методов стабилизации высокотемпературных фаз  $ZrO_2$ . Первый метод, введение примесных  $3+$  и  $+$  оксидов  $Y_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CeO_2$ , в результате чего происходит замещение некоторых ионов  $Zr^{4+}$  на ионы большего размера (например  $Y^{3+}$ ) и стабилизация высокотемпературных фаз []. Другим методом получения  $c$  и  $t-ZrO_2$  является синтез наночастиц размером менее 10 нм. Полученные наночастицы  $ZrO_2$  обладают высокой поверхностной энергией вследствие чего происходит стабилизация. Одним из методов получения наночастиц  $ZrO_2$  является гидротермальный синтез. Благодаря простоте метода и возможности вариации процессов синтеза (температура синтеза, используемые стартовые материалы, pH среды, тип минерализатора) удается получать наночастицы  $ZrO_2$  в диапазоне размеров от 5 нм до сотен нм с высокой гомогенностью. Несмотря на большой интерес научного сообщества к данному методу синтеза  $ZrO_2$ , влияние используемого стартового материала и температуры синтеза на фазовый состав, размер частиц, оптические свойства и фазовую стабильность достаточно не изучен. В связи с вышеизложенным, целью данной работы является изучение влияния стартового материала и температуры синтеза для получения наночастиц  $ZrO_2$  методом гидротермального синтеза на их фазовый состав и функциональные свойства.

В данной работе, в качестве стартового материала использовали цирконилхлорид октагидрат ( $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ) и циркония (4) оксонитрат дигидрат ( $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ ) из которых подготавливали 17,5 мл 0,1 моль/л раствора с дистиллированной водой. В качестве минерализатора использовали 5 мл 10 моль/л раствора  $NaOH$  с дистиллированной водой. Процесс гидротермального синтеза проходил в стальном автоклаве с тефлоновым вкладышем объемом 25 мл при температуре от 110 до 160 °C с шагом 10 °C.

В результате проведенного исследования установлено, что вне зависимости от используемого стартового материала, полученные частицы при температуре от 110 °C – 120 °C являются  $c-ZrO_2$  размером от 5 до 15 нм. Дальнейшее увеличение температуры приводит к увеличению среднего размера частиц, преодолению критического размера в 10 – 20 нм и как следствие переход в  $m-ZrO_2$ . Все образцы сохраняют фазовую стабильность при термическом отжиге до 600 °C после чего происходит активация процессов роста и спекания частиц и фазовый переход по типу  $c \rightarrow m-ZrO_2$ .

## Section

Energy and materials science (Section 2)

**Primary author:** GARANIN, Yuriy

**Co-authors:** Dr KOZLOVSKIY, Artem (Astana branch of the Institute of Nuclear Physics); Ms VOLODINA, Natalia (L.N. Gumilev named Eurasian National University); Dr SHAKIRZYANOV, Rafael (L.N. Gumilev named Eurasian National University)

**Presenter:** GARANIN, Yuriy

**Track Classification:** The V International Scientific Forum “Nuclear Science and Technologies”: Energy and materials science (Section 2)