

**МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЧАСТИЧНО
СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ.
АНИЗОТРОПИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА**

**Боричевский В.Р.^{1,2}, Борик М.А.¹, Кулебякин А.В.¹, Ломонова Е.Е.¹,
Мызина В.А.¹, Милович Ф.О.², Табачкова Н.Ю.²**

¹Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия,

²НИТУ «МИСИС», Москва, Россия,

E-mail: vasbm@yandex.ru

Материалы на основе частично стабилизированного диоксида циркония имеют ряд свойств, которые делают их перспективными для использования во многих областях. Актуальность создания таких материалов определена перспективами их использования как конструкционных неметаллических высокопрочных и износостойких материалов, термобарберных и защитных покрытий, а также в качестве биоинертных материалов для медицины [1, 2]. Керамика на основе диоксида циркония уже нашла свое применение, но принципиальное отличие кристаллических материалов от керамических заключается в наличии анизотропии механических свойств, что потенциально позволит улучшить необходимые свойства.

В ходе работы были исследованы кристаллы частично стабилизированного диоксида циркония с концентрацией стабилизирующей примеси – оксида иттрия – от 2 до 4 мол. %. Кристаллы были выращены методом направленной кристаллизации в холодном контейнере. При таких концентрациях все кристаллы состояли из двух фаз, обе из которых являлись тетрагональными, но отличались степенью тетрагональности. Этот факт был подтвержден методами рентгеновской дифрактометрии. Также, с помощью просвечивающей электронной микроскопии было показано, что все кристаллы имели двойники.

Методом индентирования по Виккерсу проведены измерения микротвердости и трещиностойкости – коэффициента критических напряжений (K_{1c}). Измерения показали, что микротвердость слабо зависит от кристаллографической ориентации, в то время как значения трещиностойкости для разных ориентаций плоскости пластинок отличаются. Наибольшие значения трещиностойкости получены на образце, вырезанном по плоскости с нормалью $\langle 100 \rangle$. Была исследована зависимость микротвердости и трещиностойкости от направления диагоналей индентора. Максимальное значение трещиностойкости получено на плоскости $\{100\}$ при ориентации диагоналей индентора в направлении $\langle 100 \rangle$.

Методом локальной спектроскопии Рамана проведены исследования фазового состава внутри и вокруг отпечатков индентора на плоскостях $\{100\}$, $\{110\}$ и $\{111\}$ при нагрузках 20Н, 3Н и 1Н. Анализ показал, что при индентировании переход из тетрагональной фазы в моноклинную осуществляется анизотропно, что сказывается на реализацию трансформационного механизма упрочнения в кристаллах. Наибольшее количество моноклинной фазы было обнаружено на отпечатках, полученных при индентации на пластинках, вырезанных по плоскости $\{001\}$ при направлении диагоналей индентора $\langle 100 \rangle$. При этой ориентации отпечатков были получены наибольшие значения трещиностойкости. При такой ориентации диагоналей индентора максимальные действующие напряжения получаются вдоль когерентных плоскостей сопряжения тетрагональной и моноклинной фазы. При тетрагонально-моноклинном переходе – $(100) \rightarrow (100)_m$ и $[001] \rightarrow [010]_m$.

В кристаллах частично стабилизированного диоксида циркония кроме трансформационного может также реализовываться сегнетоэластических механизм

упрочнения, который также был подвергнут изучению. Исследования спектроскопии Рамана показали, что для реализации этого механизма упрочнения требуются напряжения существенно меньшие, по сравнению с трансформационным механизмом упрочнения.

Установлено, что при индентировании кристаллов диоксида циркония частично стабилизированного оксидом иттрия вклад в механизм деформации мартенситной и сегнетоэластичной трансформации различен и зависит не только от концентрации стабилизирующего оксида, определяющего структуру и фазовый состав материала, но и от кристаллографической ориентации плоскости индентирования и ориентации диагоналей отпечатка. Показано, что при снижении нагрузок соотношение действующих механизмов упрочнения меняется, снижение интенсивности появления моноклинной фазы происходит быстрее, чем снижение переориентации двойников тетрагональной фазы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-02-000742 и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 1.32.

- 1 Г.А. Гогоци, Е.Е. Ломонова, В.В. Осико, Огнеупоры. 8, 14 – 17 (1991).
- 2 R.P. Ingel, D. Lewis, Journal of the American Ceramic Society. 71, 265 – 271. (1998).
- 3 A. Saiki, N. Ishizawa, N. Mitzutani and M. Kato, Journal of the American Ceramic Society of Japan. 97, 41 – 45 (1989).