

**ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СИСТЕМІ  $ZrO_2$ – $HfO_2$ – $La_2O_3$  ЗА ТЕМПЕРАТУРИ 1500 °C**

*Юрченко Ю. В.*, Корнієнко О. А., Корічев С. Ф., Замула М. В., Самелюк А. В.,  
Барщевська Г. К.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ, Україна  
kornienkooksana@ukr.net

Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям матеріали на основі діоксидів цирконію та гафнію леговані оксидами рідкісноземельних елементів використовуються в багатьох галузях промисловості та є привабливими для дослідження наукової спільноти. Зазначені матеріали можна використовувати як теплозахисні покриття, синцеляційні матеріали, тверді електроліти, матеріали для атомної енергетики та інші. Матеріали на основі впорядкованої фази зі структурою типу пірохлору  $Ln_2Zr_2O_7$  характеризуються нижчими значеннями теплопровідності в порівнянні із стандартним матеріалом, що використовується на сьогодні в промисловості, а саме 8 мол.% YSZ (2.1 Вт/(м·К при 1000 °C). За температури 1000 °C вони демонструють наступні значення теплопровідності:  $La_2Zr_2O_7$  (1.8 Вт/(м·К),  $Nd_2Zr_2O_7$  (1.9 Вт/(м·К),  $Sm_2Zr_2O_7$  (1.5 Вт/(м·К),  $Eu_2Zr_2O_7$  (1.7 Вт/(м·К),  $Gd_2Zr_2O_7$  (1.4 Вт/(м·К). Як відомо, фазові рівноваги в багатокомпонентних оксидних системах є фізико-хімічною основою створення нових матеріалів з покращеними властивостями. Однією з важливих задач при вивченні фазових рівноваг в багатокомпонентних системах є визначення меж стабільності твердих розчинів та гетерогенних полів в певному температурному та концентраційному інтервалі, а також встановлення існування впорядкованих фаз.

Інформація щодо фазових рівноваг в потрійній системі  $ZrO_2$ – $HfO_2$ – $La_2O_3$  обмежена та потребують додаткових досліджень. В даній роботі вперше за допомогою методів рентгенофазового та мікроструктурного аналізів досліджено фазові рівноваги в системі  $ZrO_2$ – $HfO_2$ – $La_2O_3$  за температури 1500 °C у всьому інтервалі концентрацій. Зразки, що досліджувались, розташовані вдовж трьох перерізів:  $La_2O_3$ –(50 мол. %  $HfO_2$ –50 мол. %  $ZrO_2$ ),  $ZrO_2$ –(50 мол. %  $HfO_2$ –50 мол.  $La_2O_3$ %),  $ZrO_2$ –(85 мол. %  $HfO_2$ –15 мол.  $La_2O_3$ %).

В представлені роботі досліджено фазові рівноваги в потрійній системі  $ZrO_2$ – $HfO_2$ – $La_2O_3$  та побудовано ізотермічний переріз зазначеної системи за температури 1500 °C. Встановлено, що при зазначеній температурі утворення нових сполук в дослідженій системі не спостерігається. У вказаній системі, за температури 1500°C (в атмосфері повітря), утворюються області гомогенності твердих розчинів на основі: гексагональної (A) модифікації  $La_2O_3$ , тетрагональної (T) та кубічної (F) модифікацій  $ZrO_2$ , моноклінної (M) модифікації  $HfO_2$ , а також упорядкована фаза зі структурою типу пірохлору (Py) –  $Ln_2Zr_2O_7$  ( $Ln_2Hf_2O_7$ ). Встановлено, що упорядкована фаза зі структурою типу пірохлору (Py) перебуває в рівновазі з усіма фазовими полями, що утворюються в дослідженій системі та утворює неперервний ряд твердих розчинів. Параметри елементарних комірок кубічних твердих розчинів зі структурою типу пірохлору змінюються лінійно відповідно до правила *Vegarda*. Встановлено, що область гомогенності на основі гексагональної модифікації оксиду лантану направлена в сторону граничної подвійної системи на основі діоксидів гафнію та цирконію. Це, напевно, пов'язано з рівноцінним заміщення іонів  $La^{3+}$  на іони  $Zr^{4+}$  та  $Hf^{4+}$ . Межі зазначеної області визначено за допомогою наступних складів: 5 мол. %  $ZrO_2$ –5 мол. %  $HfO_2$ –90 мол. %  $La_2O_3$  (граничний склад твердого розчину, A) та 7.5 мол. %  $ZrO_2$ –7.5 мол. %  $HfO_2$ –85 мол. %  $La_2O_3$  (двофазний склад, Py+A).

Ізотермічний переріз потрійної діаграми стану системи  $ZrO_2$ – $HfO_2$ – $La_2O_3$ , за температури 1500 °C, характеризується наявністю чотирьох двофазних областей (A+Py, Py+T, Py+M, T+M) та однієї трифазної області (Py+T+M).