

«Сейфуллин окулары – 12: Ғылым жолындағы жастар-болашақтың инновациялық әлеуеті» атты Республикалық ғылыми-теориялық конференция материалдары = Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-12: Молодежь в науке - инновационный потенциал будущего" . – 2016. – Т.1, ч.3 – С.148-150

## УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОВЫХ УЗЛОВ КАМЕРЫ РОСТОВЫХ УСТАНОВОК ПО СИНТЕЗУ ЛЕЙКОСАПФИРА

*Д.Е.Ускенбаев, А.С.Ногай, Э.Б.Айнакулов,  
Н.Н.Джумагулов*

Из-за сочетания высоких показателей физико-химических свойств (термостойкость, химстойкость, твердость, оптические и др.) лейкосапфир ( $Al_2O_3$ ) широкое применение находит в самых различных областях науки и техники. В авиакосмической промышленности – обтекатели ракет и самолетов, окно космических кораблей; в медицине – хирургические скальпели, оптические элементы волоконно-оптических зондов; в электронике – подложки для кремниевых микросхем, а также подложки светоизлучающих диодов высокой яркости, твердотельные лазеры, оптические элементы (окна, линзы, призмы); в механике – подшипники, трущиеся элементы механизмов и многое другое [1, 2]. Для получения лейкосапфира используются следующие методы: горизонтальная направленная кристаллизация, вертикальная направленная кристаллизация, методы Вернейля, Чохральского, Киропулоса, Степанова и др. [3 - 5]. В настоящее время для производства лейкосапфира широкое применение находит разновидность метода Киропулоса – метод ГОИ (Мусатова).

При синтезе лейкосапфира по вышеуказанному методу, из-за прохождения процесса кристаллизации при высокой температуре ( $T_{пл}(Al_2O_3) = 2323K$ ) в камере ростовой установки в качестве комплектующих элементов (нагревателей, тиглей, тепловых экранов) используются тугоплавкие металлы, такие как вольфрам, молибден, а также их сплавы. Срок службы комплектующих материалов и качество лейкосапфира зависит от жаропрочности и химической устойчивости на расплав окиси алюминия и составу его легколетучих компонентов, т.к. при высоких температурах происходит диссоциация  $Al_2O_3$  с образованием газообразных компонентов;  $O, Al, Al_2O, Al_2O_2$  [3]. Эти газообразные компоненты, взаимодействуя с комплектующими материалами, позволяют сократить их срок службы. Для улучшения эксплуатационной характеристики тигля, нами были изготовлены тигли по методу порошковой металлургии на основе вольфрама и молибдена с повышенным содержанием первого компонента. Т.к. по данным диаграммы состояния  $W - Mo$  они имеют неограниченную растворимость по всей протяженности состава, образуя твердые растворы, и с другой стороны, с увеличением содержания вольфрама повышается жаропрочность твердого раствора, возможно, и химическая устойчивость к парам расплава [6 - 9]. Проверка устойчивости тигля к расплаву  $Al_2O_3$  были осуществлены в

производственных условиях по синтезу лекосапфира, по потере веса после каждого процесса. Полученный тигель показал 3-4 раза повышенную устойчивость к расплаву, по сравнению с тиглем ВМ20 (содержание молибдена 20%).

Что касается срока службы тепловых экранов камеры ростовой установки, то в основном, в качестве теплового экрана, находящейся в высокотемпературной области (внутренний тепловой экран) изготавливается из молибденовой прокатки толщиной 2 мм. По мере проведения технологических процессов (после 8-10 процессов) наблюдается заметное уменьшение толщины теплового экрана в области дна тигля камеры (область с наибольшей температурой), что приводит к изменению температурно-градиентных условий камеры, и в свою очередь к нарушению режима технологического процесса, а также снижению качества синтезируемого кристалла. По, видимому, это связано со скоростью испарения молибдена при высоких температурах [8], возможно, также с взаимодействием молибдена с продуктами легколетучих компонентов расплава. Для повышения термостойкости, химической устойчивости и, соответственно, срока службы теплового экрана, на поверхность молибденового теплового экрана было нанесено поликристаллическое покрытие на основе вольфрама с небольшим содержанием молибдена, т.к. термические свойства вольфрама намного выше, чем у молибдена [9]. Процесс получения покрытия осуществлялся 3-4 раза с целью увеличения его толщины. В итоге были получены покрытия толщиной ближе 1 мм. Оценка устойчивости теплового экрана осуществлялась в производственных условиях, после нескольких технологических процессов путем взвешивания и измерения толщины в области экрана, подвергающегося наибольшему тепловому воздействию. В результате измерения заметных изменений не наблюдали по сравнению с использованием теплового экрана из молибденового проката. По полученным результатам можно сказать о повышении устойчивости тепловых экранов с жаропрочным покрытием и возможности использования его в технологических процессах получения лекосапфира по методу ГОИ с длительным сроком эксплуатации.

### Список литературы

1. Добровинская Е., Литвинов Л., Пищик В. Энциклопедия сапфира // Харьков, НТК «Институт материалов», 2004. - С. 503.
2. Стучебников В.М. Структуры «кремний на сапфире» как материал для тензопреобразователей механических величин. // Радиотехника и электроника 2005. Т. 50, №6, С. 678 - 696.
3. Путилин Ю.М., Беякова Ю.А., Голенко В.П. и др. Синтез минералов // Изд. «Недра». 1987. – 256 с.
4. С.П. Малюков, В.А, Стефанович, Д.И. Чередниченко. Исследование модели самосогласованного роста монокристаллов методом

- горизонтальной направленной кристаллизации // Известия ВУЗов. Электроника. 2007. №2, С.3 - 9.
5. Антонов П.И., Крымов В.М., Носов Ю.Г., Шульпина И.И. Выращивание базисноограниченных кристаллов лейкосапфира и изучение их дислокационной структуры // Известия АН. Серия. Физ. 2004. Т.68, С. 777 – 783.
  6. Лякишева Н.П. Диаграмма состояния двойных металлических систем // Издательство «Машиностроение». 2000 г. - 230 с.
  7. Осинцев О.Е. «Металловедение тугоплавких металлов и сплавов на их основе». // Издательство: Машиностроение. 2013 г. - 156 с.
  8. Зеликман А.Н. Молибден // М.: «Металлургия». 1970. - 440 с.
  9. Зеликман А.Н., Никитина Л.С. Вольфрам // М.: Metallurgy. 1978. - 272 с.