

2. Петров И. Б., Холодов А. С., Численное исследование некоторых динамических задач механики деформируемого твёрдого тела сеточно-характеристическим методом // Журнал вычислительной математики и математической физики – 1984 - т 24 - № 5 – С. 722–739.
3. Головизнин В.М., Зайцев М.А., Карабасов С.А., Короткин И.А. – Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов. – Москва: Изд. Московского университета, 2013. – 472с.
4. Зайцев М.А., Карабасов С.А. – Схема Кабаре для численного решения задач деформирования упругопластических тел // Математическое моделирование. – 2017 – Т 29 - № 11 – С. 53-70.
5. Остапенко В.В. – О сильной монотонности двухслойной по времени схемы Кабаре// Математическое моделирование. – 2018 – Т 30 - №5 – С. 5-18.
6. Годунов С.К., Роменский Е.И. – Элементы механики сплошных сред и законы сохранения. Новосибирск: Научная книга, 1998.
7. Гулидов А.И., Шабалин И.И. – Численная реализация граничных условий в динамических контактных задачах. Препринт № 12-87. Новосибирск – ИТПМ СО РАН.

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ НАНОВОЛОКОН ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

А.А. ЛЕОНОВ, В.Д. ПАЙГИН, О.С. ТОЛКАЧЁВ, Т.Р. АЛИШИН

Томский политехнический университет

E-mail: laa91@tpu.ru

Нанопорошки и волокна оксида алюминия находят свое применение во многих областях промышленности и используются для производства катализаторов и их носителей, адсорбентов, покрытий, абразивов и керамических композитов [1, 2]. Оксид алюминия (Al_2O_3) существует в нескольких полиморфных модификациях: метастабильные γ -, δ -, η -, θ -, χ -фазы, а также термодинамически стабильная α -фаза Al_2O_3 . Свойства конечных изделий из оксида алюминия значительно зависят от кристаллической структуры, морфологии и микроструктуры полиморфа. В связи с этим многие исследовательские работы направлены на изучение фазовых переходов оксида алюминия относительно их механизмов трансформации, изменениям пористости, удельной поверхности, химической активности и дефектной кристаллической структуры. На трансформацию также влияет присутствие химически связанной воды и/или физически адсорбированной воды, особенно для наноразмерных материалов с высокой удельной поверхностью.

В настоящей работе исследовались нановолокна (НВ) оксида алюминия «Fibrall» (OCSiAl, Россия) полученные методом жидкофазного каталитического окисления алюминия молекулярным кислородом при температуре 820 °С. Нановолокна диаметром 10-15 нм, длиной > 1 мкм и с удельной поверхностью 96 м²/г представляют собой плотные пучки, состоящие из нескольких тысяч волокон [3]. Синхронный термический анализ НВ проводили с помощью термоанализатора STA 409 C Jupiter (Netzsch, Германия) в температурном диапазоне от 30 до 1250 °С, со скоростью изменения температуры 5 °С/мин, используя режимы дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ). Полученные с его помощью кривые ТГ и ДСК зависимостей представлены на рисунке 1а. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu, Япония). Морфология и структура нановолокон оценивались на просвечивающем электронном микроскопе JEM-2100F (JEOL, Япония).

На рисунке 1а представлена ДСК кривая, которая имеет 5 выраженных пиков. Пик 64 °С, это эндотермический эффект, связанный с испарением физически связанной воды.

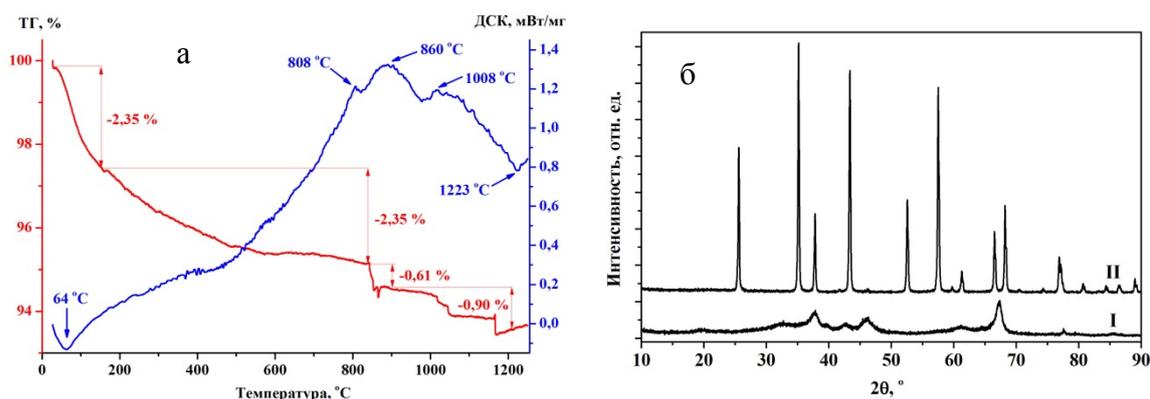


Рисунок 1 – а) ТГ/ДСК анализ нановолокон Al_2O_3 ; б) рентгенограммы НВ: I – в исходном состоянии, II – после термообработки при 1250°C

Последующие термические эффекты связаны с фазовыми переходами Al_2O_3 , что согласуется с [4]. При 808°C происходит переход $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \delta\text{-Al}_2\text{O}_3$, при 860°C $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ и переход $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ начинается при 1008°C и полностью заканчивается при 1223°C . Согласно данным ТГ анализа нагрев порошка НВ до $T = 1250^\circ\text{C}$ сопровождается уменьшением его массы на $\sim 6,2\%$. Причем наибольшие ее потери ($4,7\%$) приходятся на интервал температур $T = (30\text{-}840)^\circ\text{C}$.

На рисунке 1б представлены рентгенограммы НВ Al_2O_3 в исходном состоянии (кривая I) и после термической обработки при 1250°C (кривая II). Рентгенофазовый анализ показал, что в исходном состоянии нановолокна находятся преимущественно в метастабильной γ -модификации Al_2O_3 . Термическая обработка волокон при 1250°C сопровождается полным превращением в α -модификацию Al_2O_3 (рисунок 1б, кривая II).

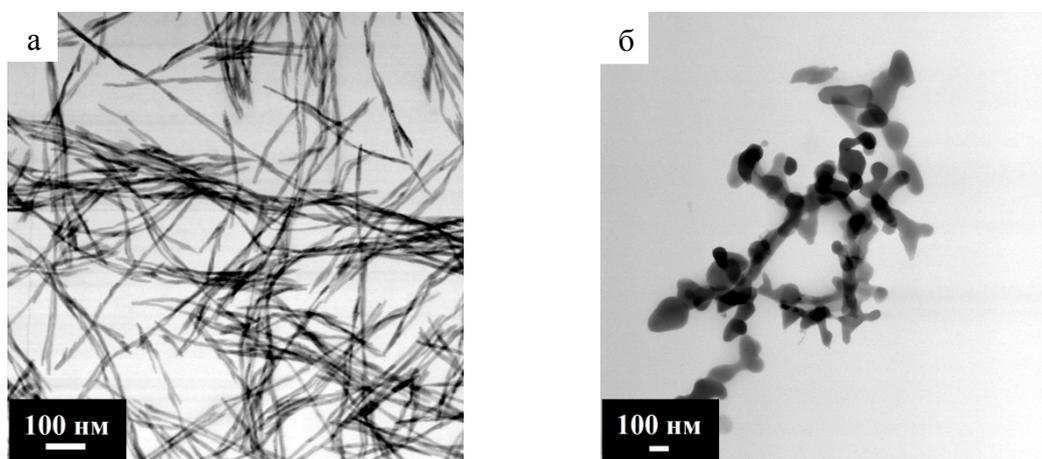


Рисунок 2– ПЭМ изображения НВ: а) в исходном состоянии; б) после термообработки при 1250°C

На рисунке 2а показано ПЭМ-изображение НВ в исходном состоянии, из которого видно, что присутствуют как отдельные нановолокна игольчатой формы, так и их агрегаты. После термообработки, рисунок 2б, помимо фазового перехода, происходит изменение структуры нановолокон, формируются протяженные неравноосные частицы сложной формы. Присутствие такой каркасной структуры в композитных материалах, должно приводить к повышению механических характеристик формируемых композитов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00763 мол_а.

Список литературы

1. Dabbagh H.A., et al. Effects of vacuum and calcination temperature on the structure, texture, reactivity, and selectivity of alumina: experimental and DFT studies // J. Mol. Catal. A: Chem. – 2010. – V.326. – P. 55–68.
2. Леонов А.А. и др. Структура и свойства керамических композитов ZrO_2 , модифицированных различными армирующими наполнителями // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 7 т., г. Томск, 24-27 апреля 2018. – Томск: Изд. дом ТГУ, 2018 – Т.1. Физика. – С. 180–182.
3. Леонов А.А. Получение композитных порошков ZrO_2 /ОУНТ и ZrO_2 /нановолокна Al_2O_3 // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 90–91.
4. Lamouri S., et al. Control of the γ -alumina to α -alumina phase transformation for an optimized alumina densification // Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio. – 2017. – V.56. – P. 47-54

РАЗРУШЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ПРИ ОБЛУЧЕНИИ СИЛЬНОТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

ЛИ ЦЗЫСЮАНЬ, СЯНЬ ЦЗЫЯО, СЫСОЕВА С.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: llzxxx0@163.com

Введение. Исследования [1] продемонстрировали перспективы применения сильноточных электронных пучков (СЭП) для люминесцентного контроля светодиодных гетероструктур GaN/InGaN, нанесенных на сапфировые подложки. В связи с этим возник вопрос о радиационной стойкости, порогах и механизмах разрушения тонкопленочных гетероструктур при их диагностики СЭП. Ранее закономерности электронно-пучкового разрушения твердых тел изучались на макрообразцах, размеры которых на порядок превышали глубину пробега электронного пучка в материале. Было установлено [2-5], что основными механизмами разрушения диэлектриков и полупроводников являются термоудар и электрический пробой. Оба механизма связаны со спецификой воздействия СЭП на материалы: высокой скоростью ввода энергии (10^{11} - 10^{13} Гр/с) и заряда (10^{10} - 10^{11} Кл/с). Экспериментально разделить эти механизмы можно характерной морфологии разрушений. Электрический пробой ЦГК реализуется в режиме многоимпульсного облучения образцов электронным пучком низкой плотности энергии ($0.1 < H < 0.3$ Дж/см²), термоудар – в режиме однократного облучения электронным пучком более высокой плотности ($H > 0.5$ Дж/см²).

Целью настоящей работы является исследование закономерностей и особенностей разрушения светодиодных гетероструктур GaN/InGaN, выращенных различными производителями.

Материалы и методы исследования. В работе исследовались три светодиодные структуры, выращенные методом металлоорганической газофазной эпитаксии на сапфире с ориентацией (0001). Образцы имели плотность дислокаций 10^7 – 10^9 см⁻². Некоторые образцы имели ступенчатую поверхность сапфировой подложки, снижающую влияние эффекта полного внутреннего отражения на выход излучения из гетероструктуры благодаря рассеянию света на микровыступах и микровпадинах текстурированного слоя. Облучение образцов проводилось в атмосферном воздухе при комнатной температуре. Источником