

## Вопросы обеспечения материалами высокотехнологичных отраслей России

Абрамов А.О., Гришко Н.Е.  
artemon.1994@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н. Дитц А.А., доцент кафедры ТСН ИФВТ НИ ТПУ*

Объем мирового рынка керамики в 2013 году составил 46 млрд. \$. Объем российского рынка керамики в 2013 году составил 0,5 млрд. \$. Среднегодовые темпы роста мирового рынка функциональной керамики составляют 38% в год, темпы роста российского рынка – порядка 20 % в год. Одним из востребованных сегментов рынка в соответствии с мировыми тенденциями развития является электроника и электротехника (керамические элементы для электронной промышленности, в том числе для теплонагруженных элементов полупроводниковых приборов, мощных светодиодов; изоляторы различного применения для электротехники и энергетики). Рост применения керамических материалов обусловлен преимуществами в свойствах современной керамики по сравнению с традиционными материалами. Около 80% совокупного потребления изделий из технической керамики в России приходится на импорт по данным обзора рынка, выполненного компанией Dedalus Consulting, отчет «Ceramics and Superabrasives Dominate the Global Market From 2008 to 2013». На сегодняшний день в рамках ФЦП, РФФИ и др. программ разработаны технологии получения новых материалов на производствах в России, заводами приобретено необходимое современное технологическое оборудование. Одной из проблем, тормозящих производство и широкое применение таких материалов, является отсутствие высококачественного сырья, производимого в России и пригодного для производства изделий и материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Решение этой проблемы (обеспечение сырьем высокотехнологичные отрасли) является стратегически важным для государства, как в свете сложной политической обстановки, так и в свете повышения конкурентоспособности производства в РФ.

Рынок нитрида алюминия представлен странами: Япония, США, Германия, Франция, Китай и Россия. При производстве разные производители применяют различные способы получения порошка нитрида алюминия.

**Цель работы:** разработать способ получения российской керамики из нитрида алюминия с высокими эксплуатационными характеристиками.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

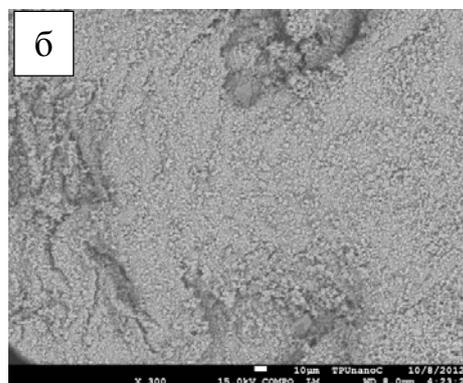
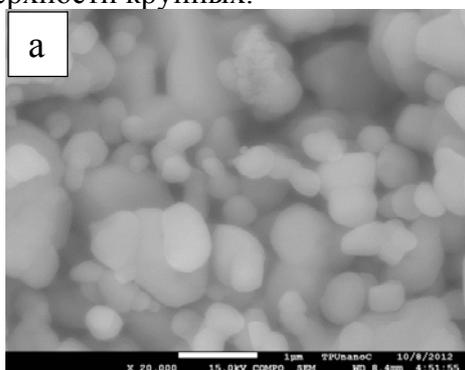
- Анализ промышленных порошков нитрида алюминия иностранных производителей, представленных на рынке.
- Формулирование требований (свойств) для порошка нитрида алюминия.
- Разработка технологии очищения порошка нитрида алюминия от примесей.
- Опробование полученного порошка нитрида алюминия для производства алюмонитридной керамики.

В работе исследовали порошки нитрида алюминия производства: Японии, полученного методом карботермического восстановления-азотирования, Китая, полученного методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), Германии, полученного методом прямого азотирования и России,

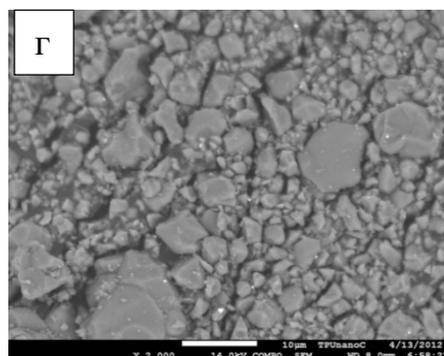
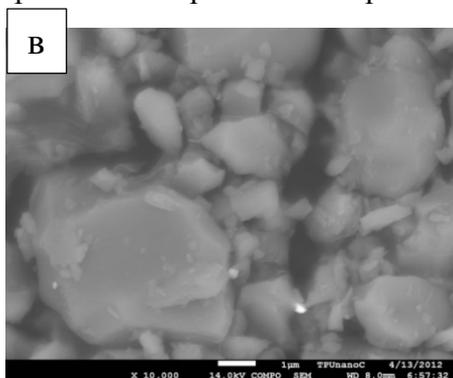
полученного методом СВС. Необходимо отметить, что иностранные производители производят порошки нитрида алюминия в промышленном масштабе, в отличие России.

При проведении исследований порошки находились в исходном состоянии, т.е. не подвергались специальной обработке. Для установления фазового состава все порошки исследовали методом рентгенофазового анализа на установке Shimadzu XRD-7000 с  $K\alpha_1$ -Cu, для изучения морфологии частиц порошки изучали на электронном микроскопе JEOL JSM 7500FA и JSM 6000, наличие примесей определяли методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на приборе Supreme – 8000, поведение при нагреве изучали на установку синхронного термического анализа STA 449F3, распределение частиц по размерам на установке SALD 7101.

На рисунке 1. Представлены данные растровой электронной микроскопии порошков. Из данных следует, что все порошки представлены объемными частицами неправильной формы, встречаются как крупные, так и мелкие, которые находятся на поверхности крупных.

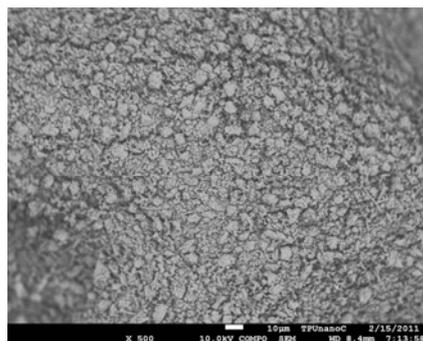
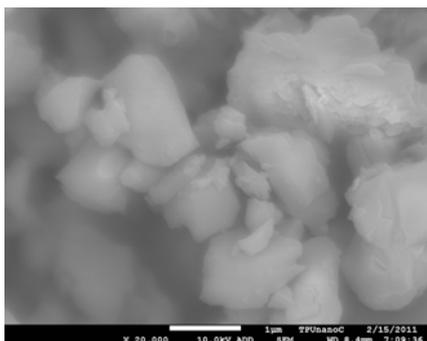


Микроснимки порошка AlN производства Японии а)  $\times 20000$  б)  $\times 300$ .

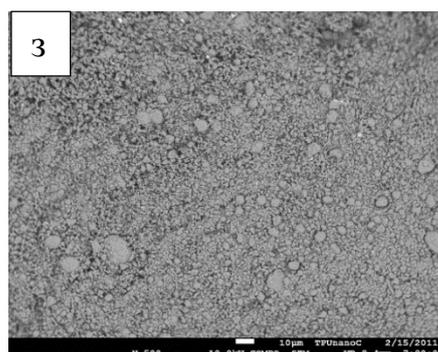
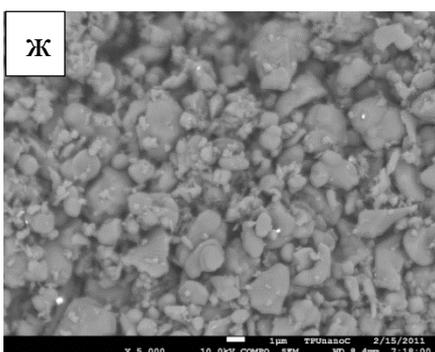


Микроснимки порошка AlN производства Китая в)  $\times 10000$ ; г)  $\times 2000$ ;





Микроснимки порошка AlN производства Германии д)  $\times 20000$ ; е)  $\times 500$ ;



Микроснимки порошка AlN производства России ж)  $\times 5000$ ; з)  $\times 500$

Рисунок 1. Микрофотографии порошков нитридов алюминия

Форма частиц не зависит от способа получения, поскольку во всех способах получают спек материала, который затем измельчают в шаровых или планетарных мельницах.

По данным рентгенофазового анализа все порошки представлены единственной фазой AlN (000-25-1133).

В таблице 1 представлены данные гранулометрического состава порошка нитрида алюминия.

Таблица 1. Данные гранулометрического состава

| Порошок нитрида алюминия | Размер частиц, мкм |                 |                 |
|--------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
|                          | D <sub>10</sub>    | D <sub>50</sub> | D <sub>90</sub> |
| Японии                   | 1,537              | 2,797           | 4,596           |
| Китай                    | 2,142              | 3,895           | 9,475           |
| Германия                 | 0,200              | 1,200           | 5,100           |
| Россия                   | 1,490              | 3,320           | 5,300           |

Наиболее крупным является порошок нитрида алюминия производства Китая, а наиболее мелким порошок нитрида алюминия производства Германии. Все порошки субмикронного размера с наибольшим размером частиц менее 10 мкм.

Согласно данным рентгенофлуоресцентной спектроскопии (рисунок 2) порошки содержат разное количество примесей.

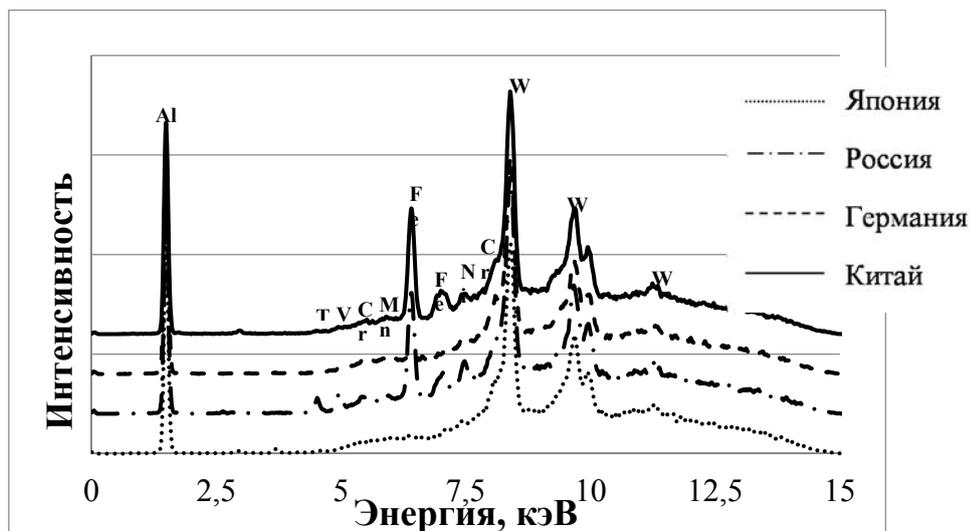


Рисунок 2. Данные рентгенофлуоресцентного анализа порошков нитрида алюминия.

Содержание примесей в порошках различно, наименьшее количество примесей содержит порошок нитрида алюминия производства Японии, а наибольшее - порошок производства России. Это связано непосредственно со способом получения порошка и с качеством исходного материала. Так, для получения СВС порошков применяют металлические порошки, а при карботермическом восстановлении азотировании оксиды металлов.

Важным показателем является содержание основного вещества (нитрида алюминия) в порошках. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Данные по содержанию основного вещества

| № | Производитель порошков | Содержание AlN, мас.% |
|---|------------------------|-----------------------|
| 1 | Японии                 | 98,51                 |
| 2 | Китай                  | 98,23                 |
| 3 | Германия               | 98,76                 |
| 4 | Россия                 | 98,03                 |

Содержание основного вещества для всех порошков было больше 98 мас.%

Анализируя полученные данные, можно сделать выводы:

Порошки, производимые разными методами, имеют разные характеристики, большая часть которых связана с методом получения или исходным сырьем.

Наиболее чистые порошки получают методами карботермического восстановления азотирования и прямым азотированием. Они меньше содержат примесей и больше основного вещества, что позволяет получать высокие характеристики керамики.

Определены характеристики порошка нитрида алюминия для обеспечения получения высоких характеристик керамики.

Порошок нитрида алюминия, произведенный в России, имеет много примесей металлов или их оксидов, которые снижают свойства керамики. В связи с этим порошок требует обогащения (очистки).

Важным является и экономический вопрос. Отношение стоимости порошков Россия:Китай:Германия:Япония составляет 1:2:3:5, стоимость самого дорогого в пять раз больше стоимости самого дешевого. Низкая стоимость порошка нитрида алюминия, произведенного в России, связана с применением метода СВС для его получения и позволяет остаться конкурентоспособным при проведении стадии очищения.

### **Плазмохимическая модификация поверхности трековой мембранной матрицы ПЭТФ для синтеза анизотропной мембраны на её основе.**

Ахметшарипова Т.К.  
Tamina.Akhmetsharipova@mail.ru

*Научный руководитель: с.н.с, Сохорева В.В., НИ ТПУ*

*Ключевые слова: ионы аргона, полиэтилентерефталат, кондуктометрическая ячейка, ассиметричные поры, абляционная плазма.*

**Введение.** Основной проблемой, препятствующей широкому применению мембранных технологий с использованием мембран - отсутствие мембран, обладающих высокой разделяющей способностью при достаточной прочности, стабильностью эксплуатационных свойств и коммерческой доступностью. Среди разнообразия мембран важное место занимают трековые полимерные мембраны (ТМ) [1]. Отличительными особенностями ТМ являются малая толщина, высокая селективность разделения, технологичность производства и сравнительно невысокая стоимость.

Минимальный диаметр классической ТМ около 100 нм, что препятствует её использованию в прецизионных фильтрационных процессах при фильтрации лекарственных препаратов, малых количеств биологических жидкостей. Поэтому разработка ТМ с порами меньше 100 нм является актуальной задачей. Структура таких ТМ будет отличаться от симметричных ТМ, - наличием тонкого "селективного" слоя с малыми порами, лежащим на более толстом слое, имеющем поры большего размера. Такие ТМ называются ассиметричными трековыми мембранами (АТМ). Они превосходят симметричные ТМ по производительности, поскольку тонкий селективный слой имеет меньшее гидравлическое сопротивление, чем симметричная мембрана с порами такого же размера. Так как предполагается использовать АТМ [3] для фильтрации лекарственных препаратов и биологических объектов, они должны обладать устойчивостью к тепловым (стерилизующим) обработкам [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования плазмохимической модификации. В качестве материала селективного слоя были выбраны:  $^{12}\text{C}$ ,  $\text{SiO}_2$  и фтористоводородные полимеры.

#### ***Экспериментальная часть.***

Полиэтилентерефталатная пленка (производства Владимирского химического завода), толщиной 10 мкм, облучалась согласно методике, описанной в [6] ионами  $^{40}\text{Ar}^{+8}$  с энергией 41,5 МэВ ускоренными на циклотроне Р-7М. Плотность треков ионов составляла  $10^7 - 10^9 \text{см}^{-2}$ . Последующее химическое травление, облученной трековой матрицей в растворе щелочи NaOH проводилась при температуре 72 °С до получения сквозных пор. Концентрация NaOH изменялась от 1,3 – 3 N.