

Рис. 1. Предел прочности при сжатии и проницаемая пористость для всех образцов

По полученным данным можно заметить, что наибольшей прочностью на сжатие обладают образцы второй группы – 880 МПа, а наименьшей – четвертая группа. Также образцы, полученные из ранее синтезированного кордиерита, имеют прочность выше до 2 раз, чем образцы, изготовленные из сырых смесей.

### Список литературы

1. Kotek V. Cordierite materials for monolithic honeycombed catalyst carriers // Sklar. Keram., 1988. – Vol.38. – №10. – P.277–282.

Самой эффективной добавкой для повышения механических характеристик является введение 0,5% НПА. Однако можно заметить, что проницаемая пористость в данном случае значительно снижается (до 12%). Лучшей проницаемостью обладают образцы с добавкой 1 и 1,5% НПА.

## ПРОБЛЕМЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА КОМПОЗИТА, СОДЕРЖАЩЕГО НИТРИД ГАЛЛИЯ

Д.Н. Черепанова

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.П. Ильин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, che.darya.n@ya.ru

Многие направления микроэлектроники основаны на уникальных свойствах нитрида галлия, в частности, с помощью светодиодов на его основе можно получить преобразование электрической энергии в световую с высоким КПД до 45% [1]. В то же время, получение нитрида галлия является сложной технической проблемой, поэтому необходим поиск наиболее простых и эффективных способов получения последнего.

Известен способ синтеза нитрида галлия сжиганием смеси порошкообразного оксида галлия с нанопорошком алюминия в атмосфере воздуха [2]. Оксид галлия сначала механически смешивают с нанопорошком алюминия, после чего инициируют горение свободной сыпучей

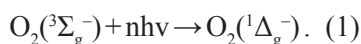
смеси порошков. Данная смесь сгорает в самоподдерживающемся режиме в воздухе с образованием целевого продукта – нитрида галлия. Затем проводят его выделение путем химической обработки в растворах серной или соляной кислот.

Преимуществами данного способа являются: проведение синтеза при атмосферном давлении, использование азота воздуха и осуществление синтеза за счет тепловой энергии химических реакций при горении смесей нанопорошка алюминия с оксидом галлия.

Недостатками способа являются: низкий выход нитрида галлия, использование пористых структур, которые служат балластом в производстве изделий.

Целью работы является поиск наиболее эффективного метода синтеза нитрида галлия.

Данный синтез GaN основан на явлении химического связывания азота воздуха с образованием стабильных кристаллических фаз нитридов. Процесс горения идет в две стадии [3], на первой (низкотемпературной) происходит выгорание абсорбированного водорода, температура процесса составляет от 800 до 1200 °С. На второй стадии (высокотемпературной) идет образование нитридов при 2000–2400 °С. На текущий момент механизм данного явления полностью не изучен, но имеются предположения о том, что во время образования нитридов протекает фотохимическая дезактивация кислорода, который переходит в синглетное состояние, являющееся неактивным, а реакционная активность азота при нагревании возрастает, и он взаимодействует с алюминием с образованием нитридов [3]:



Помимо образования нитрида галлия таким способом имеются сведения о получении нитридов ниобия [4], тантала [5], бора, кремния, алюминия [3], и других элементов.

Для приготовления смеси металлического галлия с нанопорошком алюминия, полученным в условиях электрического взрыва алюминиевого проводника в аргоне, смесь подогревали до 30–35 °С и перемешивали механически. В экспериментах использовали смесь со следующим массовым соотношением компонентов галлий - алюминий: 2:4, 3:3, 4:2, 5:1. Сжигание свободной смеси порошков проводили в боксе на стальной подложке в условиях свободного доступа воздуха. Процесс горения для образцов с массовым соотношением Ga–Al 2:4, 3:3 проходил в одну стадию, для образцов с массовым соотношением Ga–Al 4:2 – в две стадии, горение образца с массовым соотношением Ga–Al 5:1 протекало слабо, преимущественно точно. РФА продуктов сгорания изучаемых смесей показал, что в условиях горения в воздухе нитрид галлия не образуется, то есть эксперименты, представленные в [2] не удалось воспроизвести. Возможно, что нитрид галлия образуется в качестве промежуточного продукта при горении в воздухе, но при высокой температуре в волне горения он разлагается (нестабилен

термически).

Согласно термограмме при нагревании до 470 °С масса образца уменьшалась, при 500 °С наблюдалось увеличение веса с относительно высокой скоростью с последующим замедлением при 600 °С. После медленной стадии окисления (600 °С–735 °С) наблюдалась вторая стадия окисления до 950 °С с меньшей скоростью. Таким образом, процесс окисления (горения) смеси 2:2 проходил в 2 стадии, как и для нанопорошка алюминия без добавок. Особенностью процесса является десорбция при начальном нагревании (3,3781 wt. %).

Таким образом, воспроизвести синтез нитрида галлия согласно патенту [2] не представилось возможным. Процесс окисления смеси нанопорошка алюминия в смесях с оксидом галлия (III) проходил в 2 стадии аналогично окислению нанопорошка алюминия согласно РФА, но кристаллическая фаза нитрида галлия не стабилизировалась.

Благодаря набору различных физических и химических свойств, таких как электронно-дырочная проводимость, высокая теплопроводность, стойкость в агрессивных средах и многим другим нитрид галлия является перспективным соединением для создания материалов в таких областях, как оптоэлектроника, военная и космическая промышленность, а также в биомедицинских технологиях. На данный момент времени подавляющее большинство методов синтеза нитрида галлия основано на реакции взаимодействия аммиака с галлийсодержащим компонентом, но применение таких методов в широких масштабах может быть затруднено их большой энергоемкостью и длительностью процесса. Перспективным методом синтеза может являться высокотемпературное горение смеси порошкообразного оксида галлия с нанопорошком алюминия в атмосфере воздуха. Основными преимуществами данного метода являются низкие энергозатраты и короткое время синтеза, в то же время имеется сложность в получении чистого нитрида галлия без примесей, но исследования в получении чистого нитрида галлия проводятся непрерывно, так как галлий используется в синтезе нитрида галлия и в качестве носителя гамма – излучения в ядерных реакторах.

## Список литературы

1. Туркин А.Н. Полупроводниковые светодиоды: история, факты, перспективы // Полупроводниковая светотехника, 2011.– Т.1.– №5.– С.28–33.
2. Пат. 2319667 РФ. МПК51 C01G 15/00. Способ получения ультрадисперсного порошка нитрида галлия / А.А. Громов. Заявлено 26.06.2006; Опубл. 20.03.2008, Бюл.– №8.– 4с.
3. Ильин А.П., Роот Л.О. Новый механизм вы-
- сокотемпературного химического связывания азота воздуха // Фундаментальные исследования, 2013.– №6–6.– С.1377–1381.
4. Nobuzo Terao. Structure des Nitrures de Niobium // Japanese Journal of Applied Physics, 1965.– Vol.4.– №5.– P.353–367.
5. Nobuzo Terao. Structure des Oxydes de Tantale // Japanese Journal of Applied Physics, 1967.– Vol.6.– №1.– P.21–34.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ПРОМЫСЛОВОЙ НЕФТИ

А.А. Чернышов

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.К. Семакина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, chernyshov.aleksandr.93@mail.ru

Из нефтяных скважин Катильгинского месторождения извлекается сложная нефтяная смесь. В сыром виде транспортировка нефти по магистральным трубопроводам экономически не целесообразна, поэтому после скважин нефть по трубопроводу направляется на установку подготовки нефти (УПН).

При подготовке продуктовой нефти используются высокоэффективные отстойные аппараты, которые совмещают в себе процессы сепарации нефтяного газа и обезвоживания нефти.

Актуальность данного исследования выражается в качественной подготовке и глубоком обезвоживании товарной нефти с целью уменьшения экономических затрат и облегчения последующей обработки.

Целью работы является исследование влияния технологических параметров на качество подготовки нефти и построение модели процесса разделения многокомпонентной смеси в трехфазном сепараторе (ТФС).

В данной работе используется математическая модель на основе уравнения Стокса [1].

$$\omega_{ос} = \frac{g \cdot d_{КАП}^2 \cdot (\rho_{В} - \rho_{Н})}{18 \cdot \mu_{Н}},$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $d_{КАП}^2$  – диаметр капли воды, м;  $\rho_{В}$ ,  $\rho_{Н}$  – плотность воды и нефти, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_{Н}$  – вязкость нефти, Па·с.

Максимальный размер капель определялся по методике Тронова В.П. [2]:

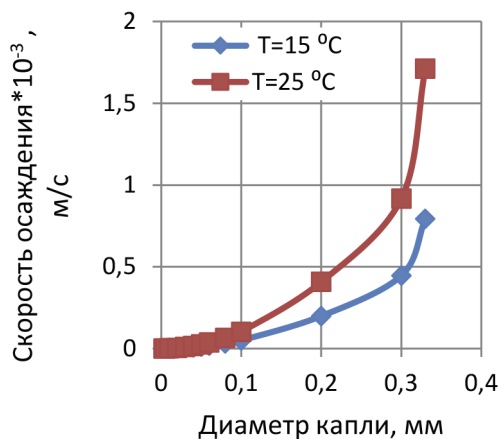


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения от диаметра капель при различной температуре среды

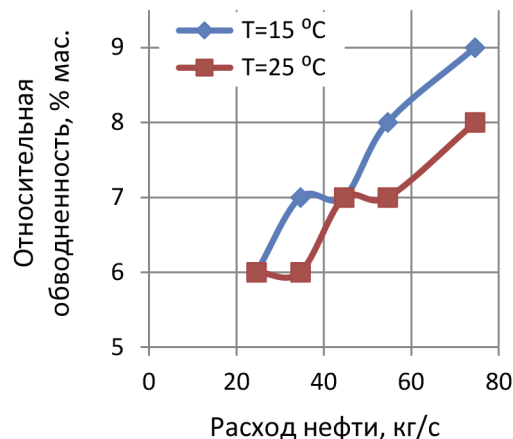


Рис. 2. Зависимость остаточной обводненности от расхода водонефтяной эмульсии и температуры