

Водопоглощение к 24-х часовой выдержке в воде практически достигает постоянных значений и его конечные показатели у гидрофобизированного образца минераловатных теплоизоляционных плит составляет не более 5 % по массе. Это является немаловажным фактором, поскольку при эксплуатации зданий гидрофобизированные поверхности служат барьером, препятствующим проникновению влаги в толщу материала, и вода будет просто скатываться с обработанных поверхностей стен за счет влагозащиты и кольматации пор.

Разработанный состав комплексной добавки в связующее, содержащий гидрофобизаторы, позволяет снизить водопоглощение и улучшить механические характеристики минераловатных теплоизоляционных плит. Использование комплексной добавки позволит отказаться от дефицитных и дорогостоящих импортных компонентов, применяемых в настоящее время в процессе производства минераловатных плит, и повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

### Литература

1. Алентьев, А.А. Кремнийорганические гидрофобизаторы / А.А. Алентьев, И.И. Клетченков, А.А. Пащенко. – Киев : Гостехиздат УССР, 1962. – 145 с.

2. Дондоков, А.Ц. Теплоизоляционный материал волокнистой структуры из базальта, полученный с применением плазменнодуговой обработки: дис. ... канд. техн. наук. / А.Ц. Дондоков; Восточно-Сибирский гос. технолог. университет. – Улан-Удэ, 2007. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/teploizolyatsionnyi-material-voloknistoi-struktury-iz-bazalta-poluchennyi-s-primeneniem-plazm#ixzz5YbkLJNLY>. – Дата доступа: 22.03.2019.

3. Попова, В.В. Материалы для теплоизоляционных и гидроизоляционных работ / В.В. Попова. – М.: Высшая школа, 1988. – 151 с.

**А.А. Шкаль** (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **А.В. Семченко**, канд. физ.-мат. наук, доцент

### ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ВФО ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Известно, что ферроики обладают уникальными свойствами, такими как усиление намагничивания и связи между ферромагнитными и сегнетоэлектрическими параметрами вблизи границ фаз [1].

Контролируемость функциональных параметров может быть достигнута, в частности, за счет использования золь-гель метода, обеспечивающего требуемые свойства путем изменения химического состава, структурных параметров и управления дефектностью и стехиометрией соединений.  $\text{BiFeO}_3$  со структурой перовскита представляет интерес для последующего создания устройств записи информации высокой плотности (MRAM), магнитных сенсоров, электрически переключаемых постоянных магнитов и др. Химические методы являются перспективными для получения тонких пленок и гомогенных порошков оксидов [2-3]. В данном исследовании для получения материалов состава  $\text{BiFeO}_3$  и  $\text{Bi}_{0,9}\text{La}_{0,1}\text{FeO}_3$  предлагается использовать золь-гель метод.

Дифракция рентгеновских лучей проводилась на дифрактометре в режиме отражения (геометрия Брегга-Брентано) с использованием излучения  $\text{Cu-K}\alpha$ . Идентификация дифракционных пиков была выполнена с использованием программного обеспечения JCPDS базы данных Search-Match. Обработка дифрактограмм проводилась в программе JANA2006.

Для исследования топографии поверхности порошки состава  $\text{BiFeO}_3$  и  $\text{Bi}_{0,9}\text{La}_{0,1}\text{FeO}_3$  (предварительно введенные в этиловый спирт) наносили на подложку методом центрифугирования. В качестве подложки использовали монокристаллическую кремниевую пластину. Термическую обработку проводили при температуре  $100\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 10 минут. Сканирование поверхности проводили с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) на 47 SOLVER-PRO и анализировали с помощью программы Gwyddion.

При синтезе порошков  $\text{BiFeO}_3$  использовали нитраты Fe и Bi, азотную и лимонную кислоту. Соединения растворяли в дистиллированной воде, которую затем выпаривали на горячей плите при  $80\text{-}90\text{ }^\circ\text{C}$  до образования геля (около 4-5 часов). Далее полученный гель нагревали в печи при температуре  $180\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 2 часов. Температура отжига для порошков составляла  $550\text{ }^\circ\text{C}$  (в течение 3 или 10 часов),  $600\text{ }^\circ\text{C}$  (в течение 3 часов),  $700\text{ }^\circ\text{C}$  (в течение 3 часов),  $800\text{ }^\circ\text{C}$  (в течение 3 часов). Плёнки ВФО получены методом центрифугирования с использованием плёнообразующего раствора (золя). Температура обработки составляла  $550, 600, 700, 800\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 60 минут. Как видно из данных рентгенограмм (рисунок 1), полученные порошки ВФО не являются монофазными. Увеличение температуры синтеза приводит к уменьшению содержания фазы перовскита из-за слабой силы связи ионов висмута в кристаллической решетке ВФО.

Дальнейшее увеличение температуры обработки образцов не приводит к увеличению содержания требуемой фазы (рисунок 1, таблица 1).

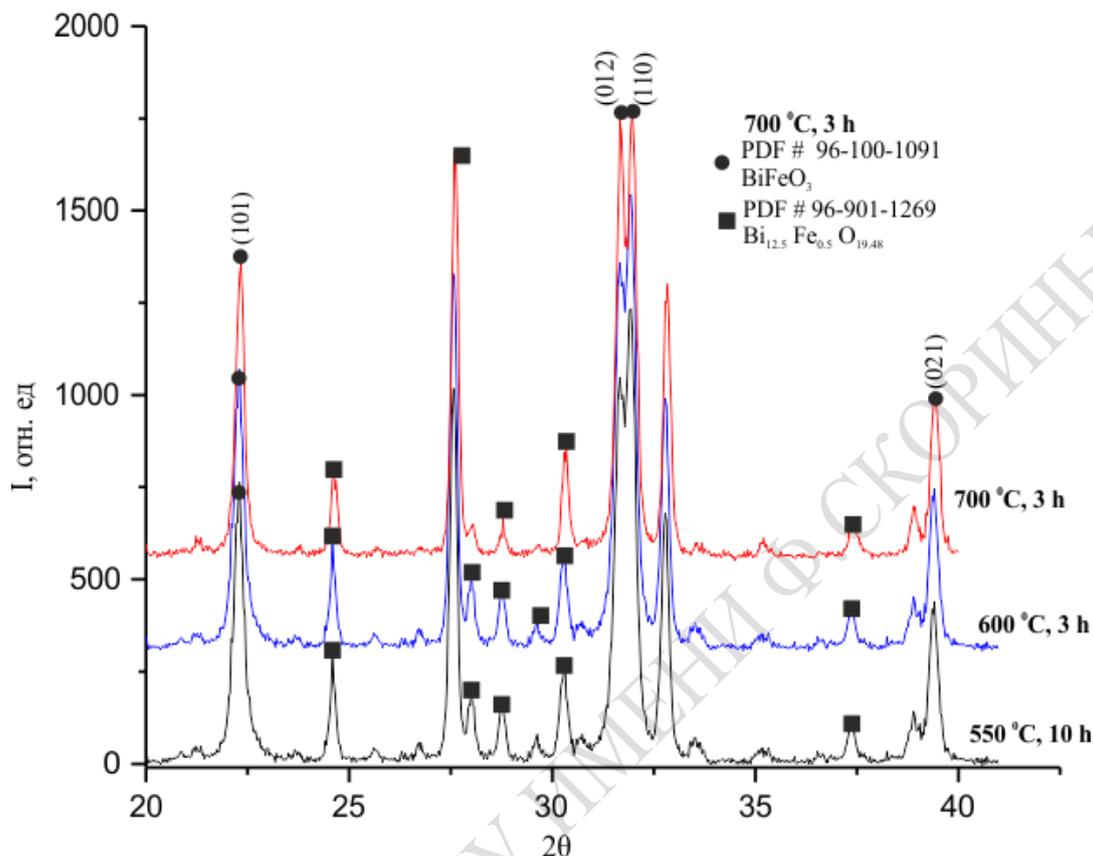


Рисунок 1 – Рентгенограмма порошка  $\text{BiFeO}_3$  после термообработки при  $550\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 10 часов и после  $600\text{ }^\circ\text{C}$  и  $700\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 3 часов

Таблица 1 – Содержание фазы перовскита в полученных образцах  $\text{BiFeO}_3$

| Порошок | Температура и время обработки, $^\circ\text{C}$ | Содержание фазы, $\text{BiFeO}_3$ , % |
|---------|---|---------------------------------------|
| BFO     | 550-10 ч  | 74                                    |
|         | 700-3 ч   | 64                                    |
|         | 800-3 ч   | 63                                    |

Результаты исследования поверхности синтезированного порошка после термообработки при  $550\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 10 часов показаны на рисунке 2 (изображение АСМ). Было установлено, что средний размер частиц составляет около 125 нм при субшероховатости поверхности порядка 30 нм.

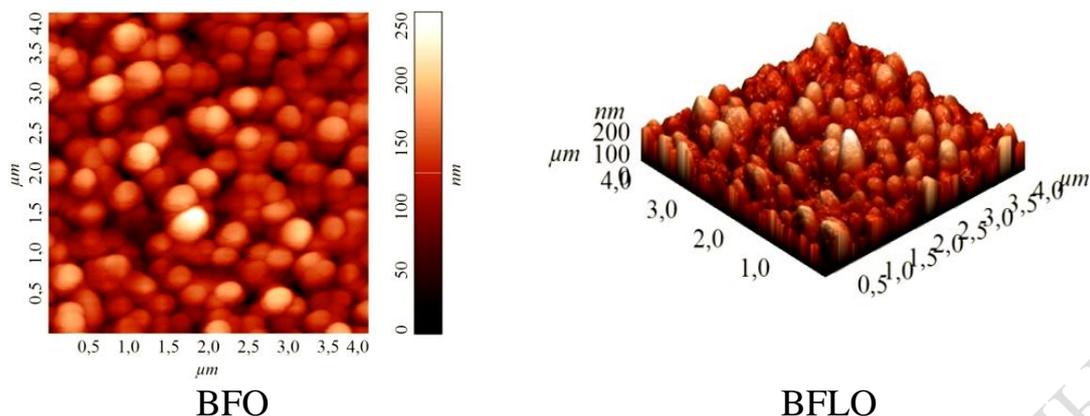


Рисунок 2 – АСМ изображение  $\text{BiFeO}_3$ , содержащего порошка

### Заключение

Золь-гель-методом получены порошки ВФО с содержанием фазы перовскита до 75 %, при этом средний размер частиц составляет около 130 нм. Наибольшее содержание требуемой фазы наблюдается для ВФО, отожженного в течение 10 часов при температуре обработки 550 °С. Увеличение температуры синтеза ВФО приводит к уменьшению доли фазы перовскита, увеличению среднего размера частиц и росту субшероховатости. Формирование примесных фаз происходит из-за потери висмута при пиролизе вследствие длительного отжига (10 ч) порошков ВФО. Можно предположить, что затруднение формирования структуры перовскита вызваны трудностью обеспечения необходимого стехиометрического состава ( $\text{BiFeO}_3$ ), а также сложностями возникновения устойчивых химических связей между элементами.

### Литература

1. Damjanovic, D. A morphotropic phase boundary system based on polarization rotation and polarization extension [Electronic resource] / D. Damjanovic // Appl J., Phys. Lett. – 2010. Vol.97. – Mode of access: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.3479479>. – Date of access: 04.03.2019.
2. Suastiyanti, D. ARPN Synthesis of  $\text{BiFeO}_3$  nanoparticle and single phase by sol-gel process for multiferroic material / D. Suastiyanti, M. Wijaya // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol.11. – P. 901–905.
3. Xu, B. Finite-Temperature Properties of Ra-re-Earth-Substituted  $\text{BiFeO}_3$  Multiferroic Solid Solutions / Xu B. [et. al] // Advanced Functional Materials. –2014. –Vol.25, №4–P 552.