

Таким образом использование модифицированного углеродного фторированного наполнителя с мелкодисперсной структурой проявляет более оптимальный уровень общих показателей упругопрочностных свойств при содержании до 5 мас. частей.

#### **Список использованных источников**

1. Вольфсон С.И. Динамически вулканизованные термоэластопласты / С.И. Вольфсон. – М.: Наука, 2004. – 173 с.
2. Термоэластопласты. Под ред. Моисеева В.В., М.: Химия, 1979. – 440 с.
3. Получение и свойства динамически вулканизованных термоэластопластичных материалов: учебное пособие / С.И. Вольфсон, Н.А. Охотина, А.И. Нигматуллина. – Казань: Изд-во Казан. нац. исслед. технол. ун-та, 2012. – 82 с.
4. Охотина, Н.А. Основные методы физико-механических испытаний эластомеров : учеб. пособие / Н. А. Охотина, А. Д. Хусаинов, Л. Ю. Закирова. – Казань : Казанский гос. технологический ун-т, 2006. – 155с.

УДК 621.3.038.6

**Т.В. Галковский, Н.В. Богомазова, И.М. Жарский**  
Белорусский государственный технологический университет  
**Л.И. Кукло, В.П. Толстой**  
Санкт-Петербургский государственный университет

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА SILD ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

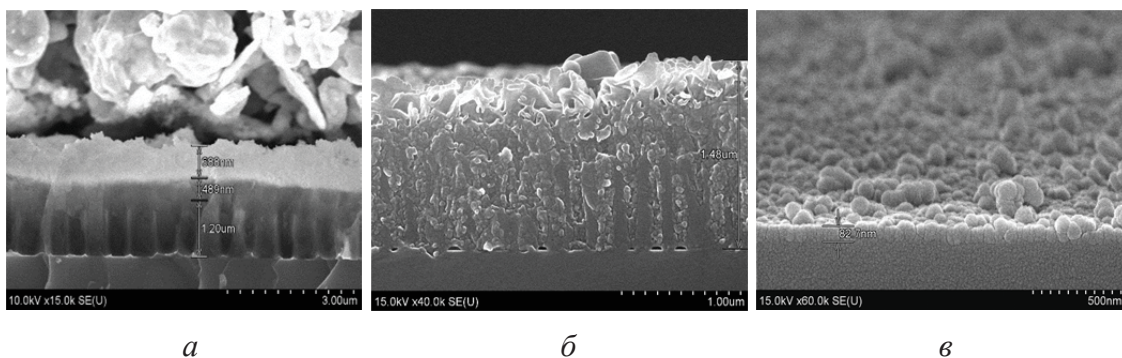
Развитие технологии производства наноэлектронных устройств сопряжено с разработкой ресурсосберегающих, экологичных, доступных методов формирования наноэлементов функциональных структур актуальных приборов, например химических сенсоров, солнечных элементов, фотодиодов. Возможным вариантом такой технологии является метод SILD (Successive ionic layer deposition), который позволяет послойно формировать структурные элементы различной мерности с заданными электрофизическими свойствами при использовании несложного оборудования, а также разбавленных жидкофазных прекурсоров [1].

В рамках наших экспериментов проведены исследования процессов формирования планарных пленок и гетероструктур, а также мат-

рично-пленочных структур на основе функциональных полупроводниковых материалов в виде оксидов Sn, W, а также сульфидов или оксосульфидов Sn, Zn, Cd. Планарные структуры формировались на стеклопластинах, покрытых слоем ИТО (оксид индия-олова). Матрично-пленочные структуры формировались на кремниевых подложках, включающих поверхностный матричный слой пористого анодного оксида алюминия высотой 0,5–1 мкм.

Структуры формировались на поверхности предварительно подготовленных соответствующих подложек при их циклической обработке в растворах катионных прекурсоров, включая  $\text{SnF}_2$ ,  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CdSO}_4$ , и анионных прекурсоров, включая  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , при концентрации 0,01–0,1 моль/л. Количество циклов обработки варьировалось от 5 до 60. Зафиксирован различный характер формирования слоев, включая послойный рост на планарных подложках (рисунок 1, а), а также зарастивание матричных пор (рис.1, б) или поверхностный планарный рост на профилированных матричных подложках (рисунок 1, в).

Предложена модель наслаивания по механизму превентивного коллоидного наслаивания оловосодержащих частиц в катионном прекурсор  $\text{SnF}_2$  и ионного наслаивания вольфрамсодержащих частиц в анионном прекурсор  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot \text{WO}_3$ , что обеспечивает получение микро- или наноразмерных слоев с преобладанием олова.



**Рис. 1 – Электронно-микроскопические изображения матрично-пленочных структур  $\text{SnS}_x/\text{ITO}/\text{стеклопластина}$  (а),  $\text{Sn}_x\text{W}_y\text{O}_z/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}$  (б),  $\text{ZnS}/\text{SnS}_x/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}$  (в)**

Сформированные структуры  $\text{Sn}_x\text{WO}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}$  и  $\text{Sn}_x\text{WO}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}/\text{Si}$  проявили стабильные полупроводниковые свойства, характеризующиеся высокоомностью и невысоким температурным коэффициентом электросопротивления на уровне  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ , что благоприятно для уменьшения влияния термодрейфа на хемосорбционные свойства полученных структур.

Исследование хемочувствительных свойств матрично-пленочных структур  $\text{Sn}_x\text{WO}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}$  показало, что величины зафиксированных откликов позволяют реализовать надежное обнаружение паров аммиака и ацетона в воздушной среде при пониженных температурах детектирования на уровне  $150^\circ\text{C}$ .

Таким образом, показано, что использование методики наслаивания из растворов-прекурсоров позволяет формировать как планарные пленочные структуры, например,  $\text{SnS}_x/\text{ITO}/\text{стеклопластина}$ , так и матрично-пленочные структуры, например,  $\text{Sn}_x\text{WO}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}/\text{Si}$  и  $\text{Sn}_x\text{WO}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}$  с толщиной функционального слоя от 50 нм до 30 мкм при увеличении количества циклов наслаивания от 10 до 60. Перспективность полученных структур связана, как с использованием доступной химической технологии наслаивания, так и с увеличением энергоэффективности, а также срока службы приборов, например, химических сенсоров газов.

#### **Список использованных источников**

1. Pathan H.M., Lokhande C. Deposition of metal chalcogenide thin films by successive ionic layer adsorption and Reaction (SILAR) Method // Bulletin of Materials Science. 2004. Vol. 27. P. 85–111.

2. Толстой В.П. Синтез тонкослойных структур методом ионного наслаивания // Журн. неорг. химии. 2013. Т. 40. С. 240–245.

УДК 669-408.6

**А.А. Глухих**

Тюменский индустриальный университет

#### **К ВОПРОСУ О ПРИНЦИПАХ РАБОТЫ СПЛАВОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ**

На сегодняшний момент времени одним из важных направлений развития высокотехнологичного производства является разработка новых конструкционных материалов, которые могли бы обеспечить большой запас прочности и надежности технологических объектов.

Научные исследования, которые проводились последние двадцать лет различными учеными показывают широкие возможности применения материалов, которые обладают элементами «интеллектуальности», а также возможностью обратимого изменения формы, другими словами, так называемые сплавы с эффектом памяти формы (ЭПФ).