

## Синтез полупроводниковых тонких пленок $\text{Cu}_2\text{NiSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$

А. В. Станчик<sup>1,2\*</sup>, Т. Н. Осмоловская<sup>2</sup>, С. М. Барайшук<sup>3</sup>, и В. В. Ракитин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», 220072 Минск, ул. П. Бровки 19, Беларусь, [alena.stanchik@bk.ru](mailto:alena.stanchik@bk.ru)

<sup>2</sup>БГУИР, 220013 Минск, ул. П. Бровки 6, Беларусь

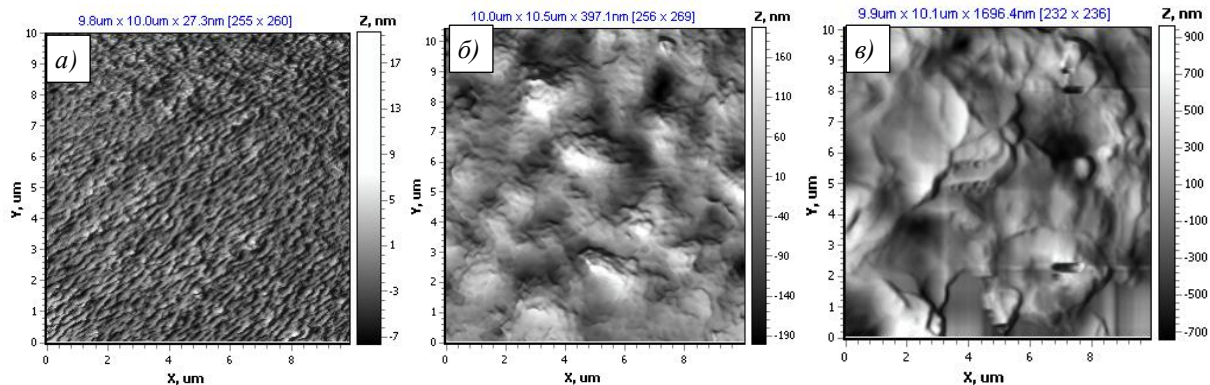
<sup>3</sup>БГАТУ, 220023 Минск, пр. Независимости 99, Беларусь

<sup>4</sup>ИПХФ РАН, 142432 Черногловка, пр-кт акад. Семенова, 1, Российская Федерация

Солнечные элементы (СЭ) на основе тонких пленок  $\text{Cu}_2\text{NiSn}(\text{S},\text{Se})_4$  (CNTSSe) являются хорошей альтернативой традиционным СЭ на основе кристаллического Si, а также тонких пленок аморфного Si,  $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$  и CdTe. Пленки CNTSSe позволяют значительно снизить стоимость СЭ за счет содержания нетоксичных, недорогих и широко распространенных составляющих компонентов.

В рамках данной работы была разработана методика синтеза пленок CNTSSe на подложках стекло/Mo, включающая два этапа: 1) электроосаждение металлических прекурсоров Ni/Cu/Sn/Ni, 2) последующая термообработка в парах халькогена. Определены технологические параметры синтеза, которые позволяют получить стабильные поликристаллические пленки CNTSSe с близким соотношением элементов к стехиометрии [1]. Данные рентгеновской дифракции указывают на образование упорядоченного твердого раствора CNTSSe и свидетельствуют о фазовой чистоте синтезированного соединения. Поверхность пленок CNTSSe представляет собой однородную структуру с плотно упакованными крупными кристаллами, размерами более одного микрона при толщине слоя  $\sim 2,4$  мкм [1].

Полученные изображения с помощью атомно-силовой микроскопии отчетливо демонстрируют структуру поверхности подложки, прекурсоров Ni/Cu/Sn/Ni и пленок CNTSSe. Подложки характеризуются мелкозернистой структурой поверхности, в то время как на поверхности осажденных прекурсоров образуются крупные зерна, размер которых увеличивается до 4 мкм в результате термообработки. Рост зерен приводит к увеличению параметров шероховатости пленок с 40–57 нм до 430–550 нм.



АСМ-изображения подложки стекло/Mo (а), прекурсора Ni/Cu/Sn/Ni (б) и пленки CNTSSe (в)

Таким образом, полученные результаты демонстрируют возможность синтеза тонких пленок CNTSSe предложенным методом, которые можно усовершенствовать за счет более точного контроля условий термообработки.

Благодарность.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект № T21PM-033) и РФФИ (грант №20-58-04005).

Список использованных источников

[1] Stanchik A.V. [et al.] Coatings 12 (2022) 1198 (1–10).